© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Eine kurze Geschichte der Limnologie in Österreich

Fritz Schiemer

Abstract: **A short history of limnology in Austria**. The onset of limnology in Austria is linked to the foundation of the Lunz Biological Station (LBS) in 1906. The Lunzer Untersee was considered a characteristic example of an oligotrophic, alpine lake. Franz Ruttner, who spent his entire career (1906-1957) at the station, became a leading figure in international limnology due to his early studies on the ecology of plankton and the physiology of carbon uptake by water plants. His research on tropical lakes during the Thienemann-Ruttner expedition to Java, Sumatra and Bali (1928/29) contributed towards a general understanding of the functioning of freshwater systems. LBS became an attractive place for scientists from all over the world and – thanks to the annual summer courses in hydrobiology and Ruttner's book 'Fundamentals of Limnology' – a major educational centre. Ingo Findenegg, as his successor as director of LBS (1957-67), wrote important papers on the regulatory mechanisms of the trophic state of lakes. Other important activities before World War 2 included studies on high alpine lakes (O. Pesta, O. Steinböck), on backwaters of the Danube at Vienna (A. Cerny) and on the fisheries biology of alpine lakes (O. Haempel). After World War 2, the activities of Haempel and Cerny led to the establishment of two federal institutes for applied limnology, one on fisheries in Scharfling-Mondsee (first director W. Einsele) and one on water quality aspects in Vienna-Kaisermühlen (first director R. Liepolt). At present these institutions form part of the 'Austrian Federal Bureau of Water Management'.

Austrian limnology expanded rapidly in the 1970s due to the activities of Heinz Löffler in Vienna and Roland Pechlaner in Innsbruck. Research programs on the shallow lake Neusiedlersee and on high mountain lakes in Tyrol were organized within the framework of the UNESCO 'International Biological Programme' (1967-1973). Heinz Löffler, besides obtaining a professorship for limnology at the University of Vienna, became director of LBS, then an institution of the Austrian Academy of Science (AAS) in 1967. Löffler's idea to create a second research location in the lake district of Salzkammergut received approval by the Academy and Löffler appointed a large research staff, which for many years shared the localities of the Limnology Department of the University in Berggasse 18 in Vienna's 9th district. The array of research topics addressed here ranged from ecosystem studies of shallow lake Neusiedlersee, the biogeography of high tropical mountain lakes, palaeolimnology, groundwater ecology, ecophysiology of benthos, fish ecology and ecological orientation in river engineering. In 1975 a postgraduate course in limnology for trainees from third world countries was launched. This course also stimulated the ecosystem-orientated research in tropical countries. At the University of Innsbruck, Roland Pechlaner and his team focused on ecosystem-orientated studies of high alpine lakes and later also on lake eutrophication and its control. From 1975-1985 the limnology departments of the universities Innsbruck and Vienna, the LBS and the Institute of Lake Research of Carinthia, which Ingo Findenegg had created after his retirement, cooperated intensively within an 'OECD Eutrophication Program' along with several follow-up projects.

In the 1980s and '90s a strong research diversification took place as a result of institutional developments. The Institute of Limnology of the AAS at Mondsee was opened in 1981, with research profiles ranging from palaeolimnology (R. Schmidt), pelagic processes and fish ecology (G. Falkner, A. Herzig, M. Dokulil, H. Winkler, A. Nauwerck), groundwater ecology (D. Danielopol). Alois Herzig, after moving from Mondsee to become director at the Biological Station of Illmitz, started a second phase of intensive studies on the lake ecosystem of Neusiedlersee and the shallow salt pan lakes in its vicinity. At the LBS, Gernot Bretschko (1976-2001) set a strong focus on running water ecology and initiated a 'Ritrodat program' with the goal of 25 years of intensive research on a small section of a stream in the immediate vicinity of the station. Mathias Jungwirth, as chair of hydrobiology and fisheries at the University of Bodenkultur, initiated management-orientated research on rivers and river restoration.

Research on the Danube and its floodplains was stimulated by controversies surrounding a planned hydropower dam at Hainburg (1984). After the hydropower plans were stopped and the stretch of the Danube downstream of Vienna was declared a national park, floodplain and restoration ecology became a major focus at the Limnology Department of the University of Vienna, directed by Fritz Schiemer. A second research consortium organized under the framework of the 'Austrian Committee of the International Working Group on Danube Research' conducted long-term studies on the impact of a hydroelectric power hydropower dam at Altenwörth on the Danube River. The team continued to work on a series of management aspects of the Danube. At the University of Innsbruck, Roland Psenner and his team continued to work on hydrochemical and microbiological aspects of high alpine lakes, with special emphasis on their role as indicators for global change.

In the new millennium the broad range of limnological research activities could be maintained despite the fact that the Austrian Academy of Science retreated from its engagement in limnology. Although the LBS was closed in 2003, the research location Lunz was continued by the establishment of a 'WasserCluster' combining the expertise in freshwater studies at the University of Vienna, University of Agriculture and the Danube University at Krems. With a large staff and new and expanded laboratory faci-

Denisia **33**,
zugleich Kataloge des
oberösterreichischen
Landesmuseums
Neue Serie **163** (2014):
33-59

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

lities, this institute is now a major partner in Austrian freshwater research. The Limnological Institute at Mondsee has, since 2013, continued its research activities as part of the University of Innsbruck. Thus, after a long and successful history, Austrian limnology is well set to address the increasing challenges in water management.

Key words: history of limnology, classification of lakes, Ruttner & Findenegg, International Biological Programme, shallow lakes, high alpine lakes, OECD Eutrophication Programme, postgraduate training, fish ecology, top down effects, Ritrodat, ecology and restoration of large rivers, paläolimnology, lakes as indicators for acidification and global change, WasserCluster

Der Beginn einer neuen Wissenschaft – die klassische Ära

Der Aufsatz skizziert in groben Zügen die Entwicklung der ökologischen Süßwasserforschung in Österreich im Lichte der internationalen Entwicklung des Fachgebietes als Teilgebiet der allgemeinen Ökologie. Gertrude Pleskot hat anlässlich des internationalen Limnologenkongresses in Österreich im Jahre 1959 die österreichische Geschichte des Fachbereiches eingehend behandelt. Unter Verweis auf diese Darstellung setze ich den Schwerpunkt auf die Zeit danach, auf die dynamische fachliche Entwicklung der letzten 50 Jahre.

Die Geschichte der Limnologie beginnt vor ungefähr 130 Jahren. Damals entstand auch der Begriff „Ökologie“, geprägt von dem berühmten deutschen Naturforscher Ernst Haeckel. Er definierte sie als Wissenschaft, die sich mit den „Beziehungen der Organismen zur Außenwelt“ (1866), bzw. mit der „Oeconomie der Natur“ (1870) auseinandersetzt. Etwa gleichzeitig (1887) schrieb Stephen Forbes einen programmatischen Artikel mit dem Titel: „Der See als Mikrokosmos“, in dem mehrere Konzepte der Ökologie am Beispiel eines Sees angesprochen wurden.

Es gab allerdings schon vorher – in einer vor-limnologischen und vor-ökologischen Ära, viele Untersuchungen über Seen, denen allerdings dieser synoptische, ökologische Ansatz fehlte. Aus Österreich ist hier vor allem Friedrich Simony zu nennen – erster Professor des neu gegründeten Geographischen Institutes der Universität Wien – der sich eingehend mit den Seen des Salzkammergutes (SIMONY 1850) befasste. Lorenz von Lieburnau führte einige Jahrzehnte später ebenfalls Untersuchungen an den Salzkammergutseen durch und veröffentlichte ein Buch über den Hallstätter See (LORENZ 1898). Albrecht PENCK & Eduard RICHTER gaben 1895/96 einen „Atlas der österreichischen Alpenseen“ heraus.

Als eigentlicher Beginn der limnologischen Forschung gilt allerdings das Werk des Schweizer Naturforschers August FOREL, der eine detaillierte monographische Behandlung des Genfer Sees in der Zeit von 1892 bis 1904 in mehreren Bänden publizierte. Forel versuchte die physikalischen, chemischen und biologischen Verhältnisse eines Sees in Zusammenhang zu bringen. In diesem grundlegenden Werk wurden die Ziele einer ganzheitlichen Erfassung von Binnengewässern definiert. Forel wies auf die hohe Bedeutung der thermischen Tiefenschichtung und ihrer Veränderung im Jahresverlauf hin. In unseren Breiten kommt es durch die Einstrahlung im Frühjahr zu einer Erwärmung der oberflächlichen Wasserschichten. Durch Windeinwirkung und durch Temperaturausgleichsströmungen, wird das wärmere, leichtere Wasser in die Tiefe eingemischt. Im Verlauf des Frühjahres bildet sich in einigen Metern Tiefe eine sehr stabile thermische Sprungschicht („Metalimnion“) aus, die während der Vegetationsperiode den tiefen Wasserköper, das so genannte „Hypolimnion“ von der oberen Wasserschicht, dem „Epilimnion“ weitgehend abtrennt. Im Herbst wir diese Schichtung abgebaut und der See kann durch kräftige Herbstwinde bis zum Seeboden durchmischt werden. Es gibt in unseren Seen nach dem Schmelzen der Eisdecke eine zweite Zirkulationsphase. Man spricht daher von „dimiktischen“ Seen, mit jährlich zwei Durchmischungsphasen. Dieser Typ ist für unsere Breitengrade kennzeichnend. Die saisonale thermischen Schichtung und die Durchmischung des Wasserkörpers im Herbst und Frühjahr sind für die internen Prozessabläufe entscheidend.

Am Beginn des 20. Jh. begann an mehreren Orten – gefördert durch die Errichtung von Feldstationen – eine eingehende Erforschung von Seen. In den USA waren es Edward Birge und Chancey Juday, die über mehrere Jahrzehnte von der Universität Wisconsin aus Untersuchungen am nährstoffreichen Lake Mendota und einer Reihe von Seen in unmittelbarer Nachbarschaft durchführten. BIRGE & JUDAY (1911) wiesen auf unterschiedliche Typen der Tiefenverteilung von Sauerstoff und Kohlendioxid hin. Sie fanden Gewässer in denen der Gasgehalt im Wasser sich mit der Tiefe kaum veränderte, im Gegensatz zu solchen in denen es während der Sommermonate im Tiefenwasser zu einem Sauerstoffschwund und einem Anstieg im Kohlendioxidgehalt kommt.

Einar NAUMANN (1921) befasste sich, von einer kleinen Station in Aneboda aus, mit der sehr unterschiedlichen der Entwicklung des Phytoplanktons – den schwebenden Algen des Freiwasserraumes – südschwedischer Seen. Er unterschied Seen, die während der

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Sommermonate eine geringe Sichttiefe zufolge einer hohen Algenentwicklung aufwiesen und solche, bei denen das Wasser während der Sommermonate sehr durchsichtig und klar blieb. Er stellte im Zusammenhang mit dieser unterschiedlichen Algenentwicklung deutliche Unterschiede im organischen Gehalt der Sedimente am Seeboden fest.

August THIENEMANN (1918) fand bei seinen Forschungen an den Seen Schleswig-Holsteins, die er von einer Feldstation am Großen Plöner See aus betrieb, charakteristische Unterschiede in der Besiedlung der Schlammböden in der Tiefe – dem Profundal – durch die Larven von Zuckmücken. Er erklärte dies mit dem unterschiedlichen Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers während der Sommermonate und schuf damit eine Typologie von Seen anhand von Indikatororganismen.

Thienemann und Naumann verbanden ihre Befunde mit den Ergebnissen von Birge und Juday und schlugen ein Klassifikationsschema von Seen nach ihrem Trophiegrad vor:

1. oligotrophe, nährstoffarme Seen, mit geringer Phytoplankton-Entwicklung, ausreichender Sauerstoffversorgung im Tiefenwasser und einer reichen tierischen Besiedlung des Seebodens und 2. eutrophe, nährstoffreiche Seen mit hohen Algenkonzentrationen während der Vegetationsperiode, Sauerstoffschwund im Tiefenwasser und einer viel artenärmeren profundalen Lebensgemeinschaft, die sich aus wenigen Spezialisten mit hoher Toleranz gegenüber Sauerstoffverknappung zusammensetzt.

Dieses Klassifikationssystem nach ihrem Trophiegrad erwies sich in der Praxis des Gewässermanagement besonders wichtig. Die komplizierten Zusammenhänge, die mit dem Nährstoffkreislauf verbunden sind, beschäftigen aber auch die Grundlagenforschung der Gewässerökologie bis zum heutigen Tage.

Die Biologische Station in Lunz und die Ära Franz Ruttner

In Österreich ist die Entwicklung der Limnologie mit den Aktivitäten an der Biologischen Station in Lunz auf das innigste verbunden. Die Idee im alpinen Raum eine Feldstation für ökologische Forschung zu gründen gewann am Beginn des 20. Jh. prominente Unterstützung durch die Wiener Universität und internationaler Forschungsinstitutionen (Abb. 1-3). Ermöglicht wurde die Einrichtung 1906 durch das Mäzenatentum von Dr. Carl Kupelwieser, der im Schloss Seehof am Lunzer Untersee seinen Sommer- und Jagdsitz hatte. Prof. Richard Woltereck und Dr. Hans Kupelwieser wurden als Leiter bestellt und Dr. Franz Ruttner, der an der Universität in Prag unter dem berühmten Pflanzenphysiologen Hans Molisch seine Doktorarbeit durchgeführt hatte, konnte als Assistent gewonnen werden (Abb. 4, 5). Die Station war zunächst im Schloss der Familie Kupelwieser untergebracht und erhielt dann ein ehemaliges Gärtnerhaus zugewiesen mit einem Anbau von Glashäusern für experimentelle Zwecke.

Abb. 1: Eröffnungsfeier der Biologischen Station in Lunz, 1907: Untere Reihe, von links nach rechts: Geheimrat Prof. Chun, Dr. Carl Kupelwieser, Prof. Zschokke, Prof. Woltereck, Prof. Kreidl, Prof. Wesenberg-Lund. Obere Reihe: Prof. Fischel, Dr. Hans Kupelwieser, Dr. Wittmann, Dr. Scourfield, Dr. Ruttner, Prof. Brücke, Prof. Hofmann. Die Idee im alpinen Raum eine Feldstation für ökologische Forschung zu gründen wurde 1906 durch das Mäzenatentum von Dr. Carl Kupelwieser ermöglicht. Archiv WasserCluster Lunz.

Abb. 2: Eine prominente Gruppe von Gästen anlässlich der Festveranstaltung an der Biologischen Station Lunz, 1907, vor dem Eingang zu den Räumen der Station im Schloss Seehof. Untere Reihe von links nach rechts : Molisch, Fischel, Brehm, Woltereck, Wesenberg-Lund. Obere Reihe: Ruttner, Urban, Kuschakewitsch, Hans Kupelwieser, Wittmann. Archiv WasserCluster Lunz.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Abb. 3: Das Forschungsboot Elodea am Lunzer Untersee, 1908. Im Boot Richard Woltereck. Archiv WasserCluster Lunz.

Abb. 4: Franz Ruttner als junger Assistent in seinem Labor an der Biologischen Station Lunz, etwa 1907. Archiv WasserCluster Lunz.

Abb. 5: Der Arbeitsplatz von Franz Ruttner in der Biologischen Station im Schlosshof. Ruttner schreibt dazu: „Mein Arbeitsplatz. Auf dem Regal habe ich meine Bücher untergebracht. Prof. Molisch hängt für gewöhnlich über meinem Schreibtisch". Archiv WasserCluster Lunz.

In dieser Pionierphase konnten von Ruttner am Lunzer Untersee – als dem Beispiel des alpinen, oligotrophen Sees im Vergleich zu den Tieflandseen in Norddeutschland und Schweden – sorgfältige Studien über das Phytoplankton, ihre Tiefenschichtung im Zusammenhang mit den Gradienten von Temperatur, Licht und dem Angebot an Pflanzennährstoffen durchgeführt werden (RUTTNER 1914). Daneben erfolgten, gemeinsam mit Vinzenz Brehm, eingehende Studien der Lebensgemeinschaften – Biozönosen – der Lunzer Gewässer, insbesondere des freien Wasserraumes (Pelagial), der Uferzone (Litoral), und der Sedimentböden in der Tiefe (Profundal) der Seen (BREHM & RUTTNER 1926).

Die Station entwickelte sich zu einem wichtigen Treffpunkt von Kolleginnen und Kollegen verschiedener Universitäten mit freilandökologischem Interesse. Die Meteorologen der Universität Wien, zum Beispiel, führten klassische Untersuchungen über den Energiegehalt von Seen und die Stabilität der thermischen Tiefenschichtung gegenüber Windeinwirkungen durch (SCHMIDT 1915). Franz SAUBERER und Franz RUTTNER publizierten später (1941) ein Buch über das Lichtklima und die Strahlungsverhältnisse in Gewässern.

Die Biologische Station Lunz wurde zu einer wichtigen Ausbildungsstätte. Die alljährlich abgehaltenen mehrwöchigen hydrobiologischen Sommerkurse eröffneten vielen Studierenden Zugang zu einer freilandorientierten Forschungsrichtung (Abb. 6, 7).

Nach dem 1. Weltkrieg (1920) wurde die Station von einem Verein übernommen und mit finanzieller Unterstützung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, der Kaiser Wilhelm Gesellschaft und der Republik Österreich weitergeführt (Abb. 8). Franz Ruttner, seit 1924 zum Leiter der Station bestellt, konnte sich 1925 an der Universität Wien habilitieren. Er nahm 1928/29 auf Einladung von August Thienemann an einer einjährigen Expedition nach Indonesien teil (Deutsche Limnologische Sunda Expedition). Durch seine gründlichen hydrophysikalischen und hydrochemischen Untersuchungen an tropischen Seen lieferte er die Grundlagen für ein globales Verständnis der Nährstoffkreisläufe und Produktionsverhältnissen von Gewässern (RUTTNER 1931) (Abb. 9). Dies und seine physiologischen Arbeiten zur Kohlenstoffaufnahme von Wasserpflanzen (RUTTNER 1925) machten ihn zu einer bekannten Größe der internationalen Limnologie. Seine meisterhaften didaktischen Fähigkeiten kommen in seinem „Grundriss der Limnologie" (1940) zum Ausdruck, einem Buch, das in mehreren Auflagen erschien, in viele Sprachen übersetzt wurde und für lange Zeit weltweit als die wichtigste Einführung in die Gewässerökologie galt.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Weitere limnologische Aktivitäten vor dem 2. Weltkrieg

Neben der limnologischen Forschung an der Biologischen Station Lunz verdienen vor allem die Arbeiten, die Ingo Findenegg in den 1930-er Jahren als Gymnasial-Lehrer von Klagenfurt aus durchführte, besondere Erwähnung. In seinen Untersuchungen an Kärntner Seen befasste er sich vor allem mit deren Trophiegrad und ihren Ursachen. Er wies auf die Bedeutung der saisonalen Durchmischungsprozesse hin und beschrieb unter anderem das Phänomen, dass in manchen der Seen im Herbst und Frühjahr keine Volldurchmischung stattfindet, sondern der tiefe Wasserkörper dauerhaft stagniert. Findenegg erforschte die Bedeutung solcher Schichtungsverhältnisse, für die er den Begriff Meromixis (wörtl. Teildurchmischung) vorschlug. (FINDENEGG 1933, 1935). In Anerkennung seiner Leistungen für die „Erforschung des Stoffhaushaltes der Alpenseen und dem Phänomen der Meromixis“ erhielt er 1953 die international bedeutendste Anerkennung der Limnologie – die „Einar Naumann“ Medaille – verliehen (siehe ELSTER 1971).

Ein weiteres traditionelles Thema in Österreich – die Hochgebirgslimnologie – wurde nach einer Reihe von Einzeluntersuchungen am Beginn des 20. Jahrhunderts von Otto Pesta, Kustos am naturhistorischen Museum in Wien und Privatdozent an der Universität Wien, intensiv betrieben. Er führte viele Studien über die Lebewelt der Hochgebirgsseen, insbesondere in seinem Heimatland Tirol, durch. 1929 erschien seine zusammenfassende Darstellung „Der Hochgebirgssee der Alpen“. Weiters ist Fritz Turnowsky zu nennen, der die Hochgebirgsseen Kärntens erforschte (TURNOWSKY 1946) und Otto Steinböck, Ordinarius für Zoologie an der Universität Innsbruck, der Pestas Untersuchungen im Kühtai-Gebiet weiterführte und hier eine kleine Feldstation gründete (siehe STEINBÖCK 1959).

Eine andere Aktivität mit nachhaltiger Wirkung war die Gründung einer Hydrobiologischen Donaustation an der „Alten Donau“ in Wien durch Adolf Cerny im Jahre 1925. Dies fand mit Unterstützung der „Arbeitsgemeinschaft Wiener Hydrobiologen“ unter Vorsitz des bekannten Ordinarius für Botanik Richard Wettstein statt. Die Station diente zunächst in Zusammenarbeit mit der Universität Wien und der Hochschule für Bodenkultur der limnologischen Grundlagenforschung an der Donau und ihren Altarmen. Nach dem 2. Weltkrieg, 1946, sollte daraus, durch die Bemühungen Cernys, die Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserbeseitigung (später Wasserbiologie und Abwasserforschung) in Wien Kaisermühlen werden.

Eine wichtige Forschungsintiative gab es auch im Hinblick auf die fischereiliche Nutzung von Gewässern.

Abb. 6: Die Biologische Station Lunz eröffnete durch die jährlichen abgehaltenen Hydrobiologischen Sommerkurse vielen Studierenden den Zugang zu einer freilandökologischen Forschungsrichtung. Vinzenz Brehm anlässlich des ersten Kurses (1912) im Bootshaus der Station. Archiv WasserCluster Lunz.

Abb. 7: Erster Hydrobiologischer Sommerkurs in Lunz (1912): Ausfahrt am Lunzer Untersee. Vinzenz Brehm in der Mitte. Archiv WasserCluster Lunz.

Oskar Haempel übernahm 1920 an der Hochschule für Bodenkultur eine neu geschaffene Lehrkanzel für Hydrobiologie und Fischereiwirtschaftslehre, die er bis zu seinem Ruhestand 1934 leitete. Ein wichtiges Werk aus seiner Feder ist das Buch „Fischereibiologie der Alpenseen“ (1930). Seinem Engagement ist die Errichtung (1928) einer „Fischereibiologischen Station Weissenbach am Attersee“ zu danken, dem Vorläufer des heutigen Bundesinstitutes für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde, das 1953 in Scharfling am Mondsee eröffnet wurde.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Abb. 8: Die Biologische Station Lunz im Jahre 1925. Von 1920 an wurde die Station von einem Verein mit finanzieller Unterstützung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, der Kaiser Wilhelm Gesellschaft und der Republik Österreich geführt. Archiv WasserCluster Lunz.

Abb. 9: Die Mitglieder der einjährigen „Limnologischen Sunda-Expedition" 1928/29 am Lamongan See in Ostjava. Von rechts nach links: Ruttner, Thienemann, Feuerborn, Hermann und Buschkiel. Ruttners hydrophysikalische und hydrochemische Untersuchungen an tropischen Seen lieferten die Grundlagen für ein globales Verständnis der Nährstoffkreisläufe und Produktionsverhältnisse von Gewässern. Archiv Schiemer.

Limnologie in den Jahren nach dem 2. Weltkrieg

Vor 50 Jahren lag der Schwerpunkt der österreichischen und internationalen Limnologie auf dem Gebiet der Seenforschung. In Österreich gab es keine universitär verankerte Gewässerökologie im Sinne von etablierten Lehrkanzeln, aber – stimuliert durch die Biologische Station in Lunz – eine Reihe von limnologischen Aktivitäten. An der Universität Wien befasste sich eine Arbeitsgruppe um Gertrude Pleskot (Abb. 10) mit dem damals wenig beachtetem Thema Fließgewässerökologie in Form umfassender Untersuchungen an Wienerwaldbächen (PLESKOT 1953). Ferdinand Starmühlner, Heinz Löffler, Jens Hemsen und Alfred Kaltenbach organisierten als Studenten knapp nach dem Krieg 1948/49 eine Expedition, die zu den Steppengewässern Persiens führte (Abb. 11, 12). Löffler konnte nach seinen Wanderjahren in Schweden und Südamerika und einem längeren Aufenthalt bei Prof. Hutchinson an der Universität Yale eine Stelle als Assistent am 2. Zoologischen Institut der Universität Wien einnehmen und damit eine stärkere Verankerung der Limnologie an der Universität Wien schaffen. Aus der Zusam-

Abb. 10: Gertrude Pleskot, die bereits kurz nach dem 2. Weltkrieg umfassende Untersuchungen an Wienerwaldbächen durchführte, mit Studenten anlässlich einer Exkursion in Lunz (1966?). Archiv Humpesch.

Abb. 11: Abfahrt der Iranexpedition 1948/49 von der Universität Wien. Die von Ferdinand Starmühlner (im Auto stehend), Heinz Löffler (vor dem Auto rechts im Bild)), Jens Hemsen (vor dem Auto links im Bild) und Alfred Kaltenbach (aus dem Fenster blickend) knapp nach dem Krieg 1948/49 organisierte Expedition führte zu den Steppengewässern Persiens. Archiv Schiemer.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Abb. 12: Jens Hemsen und Heinz Löffler im Iran. Archiv Schiemer.

Abb. 13: Otto Steinböck und Roland Pechlaner vor der Feldstation am Vorderen Finstertaler See (ca. 1954), die Steinböck, als Ordinarius für Zoologie an der Universität Innsbruck, gründete.Foto: Leichtfried.

menarbeit mit Hutchinson entstand eine Publikation über die Klimatypen von Seen und ihre Klassifikation nach der thermischen Schichtung und dem saisonalen Muster der Zirkulation. Die zentrale Grafik dieser klassischen Arbeit ist in jedem Lehrbuch der Limnologie enthalten (HUTCHINSON & LÖFFLER 1956). Am Institut für Pflanzenphysiologie arbeitete Elsa Kusel-Fetzmann an einer Dissertation über die Assoziationen von Algen in den Gewässern der Donau-Auen. Diese Studien bildeten den Vorläufer einer hydrobotanischen Abteilung an diesem Institut.

An der Universität Innsbruck führte Otto Steinböck, Ordinarius für Zoologie seine Studien an Hochgebirgsseen weiter. Dies wurde später vor allem durch die Forschungsaktivität seines Schülers Roland Pechlaner zu einem Schwerpunktthema an der Universität (Abb. 13). An der Universität Graz war Findenegg als Gastdozent tätig. Stimuliert durch seine Vorlesungen und die Kurse an der Biologischen Station Lunz, bildete sich eine Gruppe von Studenten – allen voran Gernot Bretschko und Hans Sampl – die gewässerökologische Dissertationen durchführten.

Das geistige Zentrum, das Mekka der österreichischen Gewässerforschung mit internationaler Ausstrahlung war die Biologische Station Lunz, damals eine Einrichtung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) (Abb. 14). Franz Ruttner (Abb. 15) und sein Nachfolger Ingo Findenegg (Abb. 16) waren prominente Namen in der internationalen Szene. Die Lunzer Sommerkurse hatten einen Bekanntheitsgrad weit über die Grenzen Österreichs hinaus (Abb. 17). Neben den Sommerkursen vermittelte Franz Berger, der Chemiker der Station (Abb. 18), in einwöchigen Kursen, mehreren Generationen von Limnologen sein exzellentes hydrochemisches und hydrophysikalisches Wissen (Abb. 19).

Abb. 14: Die Biologische Station der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Lunz am See (1975), das Mekka der österreichischen Gewässerforschung mit internationaler Geltung. Archiv WasserCluster Lunz.

1959 fand als epochales Ereignis der Internationale Limnologen-Kongress in Österreich statt. Dies war eine glanzvolle Ehrung für Franz Ruttner und eine Anerkennung des hohen Stellenwertes der heimischen Gewässerforschung. Ruttner führte den Vorsitz des Organisations-Komitees. Es gelang ihm über einen Zeitraum von 3 Jahren, alle Kräfte der an Wasserfragen interessierten akademischen und angewandten Institutionen in Österreich in die Vorbereitung der Tagung einzubinden und eine hervorragende Leistungsschau zu präsentieren. Der Kongress eröffnete in der weiteren Folge viele internationale Kooperationsmöglichkeiten für österreichische Forscher.

Nach der Pensionierung von Franz Ruttner konnte Ingo Findenegg 1957 als Leiter an die Biologischen Station Lunz berufen werden. Dies war eine hervorragende Wahl.

Findeneggs Untersuchungen in den 1950-er und 60er Jahren bildeten wichtige Beiträge zum zentralen Thema dieser Zeit – den steuernden Faktoren der Seen-Eutrophierung. Seine Publikationen über die düngende

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Abb. 15: Franz Ruttner, Leiter der Biologischen Station Lunz von 1924 bis 1957. In seiner Ära wurde die Station zu einer weltbekannten Einrichtung. Archiv WasserCluster Lunz.

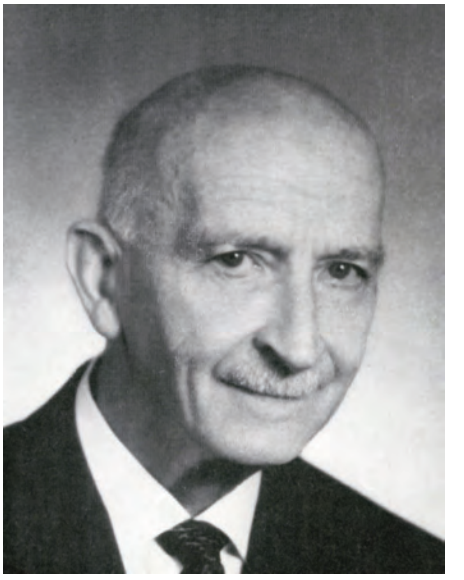

Abb. 16: Ingo Findenegg in seiner Zeit als Leiter der Biologischen Station in Lunz (1957-1967). Seine vergleichenden Untersuchungen an einer großen Zahl von Seen lieferten wesentliche Beiträge zur Beantwortung der klassischen Fragen der Seenlimnologie. Archiv WasserCluster Lunz.

Abb. 17: Limnologischer Sommerkurs: Ausfahrt auf den Lunzer Untersee mit Ingo Findenegg und Studierenden. Die Lunzer Sommerkurse hatten einen Bekanntheitsgrad weit über die Grenzen Österreichs hinaus. Archiv WasserCluster Lunz.

Abb. 18: Franz Berger, der Chemiker der Biologischen Station Lunz, in seinem Labor. Berger war für mehrere Generationen von Limnologen der Ansprechpartner in Fragen Hydrochemie und Hydrophysik. Archiv WasserCluster Lunz.

Abb. 20: Limnologentreffen 1961 an der Biologischen Station Lunz: von links nach rechts: Franz Berger, Ingo Findenegg, Inge Dirmhirn, Agnes Ruttner-Kolisko, Werner Maringer, Gernot Bretschko, Fritz Schiemer, Roland Pechlaner, Gertrude Pleskot, Klaus Kosswig, Otto Siebeck. Archiv Schiemer.

Abb. 19: Eisbohrung anlässlich eines Hydrochemiekurses am Lunzer Obersee, Februar 1961: Prof. Franz Berger mit Studenten.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Wirkung der Zirkulationsprozesse im Frühjahr, die nährstoff-angereichertes Tiefenwasser zur Oberfläche bringen, machten klar, dass für eine Erklärung der Eutrophierung ein eingehendes Studium der Produktionsdynamik der Planktonalgen erforderlich ist. In seiner Zeit als Leiter der Biologischen Station (1957-1967) standen solche Studien mit der von Steeman-Nielsen neu entwickelten Radiokarbon-Methode im Vordergrund. Seine vergleichenden Untersuchungen an einer großen Zahl von Seen lieferten wesentliche Beiträge zur Beantwortung der klassischen Fragen der Seenlimnologie (FINDENEGG 1965). Von den anderen, fest-angestellten Mitarbeitern der Biologischen Station, befasste sich Franz Berger mit hydrophysikalischen Aspekten der Stabilität von Gewässern (BERGER 1955) und Agnes Ruttner-Kolisko, mit der Ökologie und Biologie von Rotatorien (RUTTNER-KOLISKO 1972). Daneben gab es in der Station eine lebhafte fachliche Aktivität durch Gäste (Abb. 20). In diesem Zusammenhang sind die langfristigen Forschungsaufenthalte von Otto Siebeck, später Professor an der Universität München, mit seinen Untersuchungen über die Wanderungsaktivitäten des Zooplanktons (SIEBECK 1968), die jährlichen Forschungsaufenthalte von Lothar Geitler, Ordinarius für Botanik an der Universität Wien, sowie die langjährigen Studien von Edith Kann über die Algenflora der Bäche besonders erwähnenswert (KANN 1978).

Die zunehmend wichtigen Aspekte der angewandten Limnologie fanden in den bereits angesprochenen zwei Bundesinstituten ihre Bearbeitung. Das 1953 gegründete Bundesinstitut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde in Scharfling am Mondsee (jetzt ein Institut im Rahmen des Bundesamtes für Wasserwirtschaft) mit dem angeschlossenen Fischzuchtbetrieb wurde unter der Leitung von Wilhelm Einsele, der in den 1930-er Jahren bahnbrechende Untersuchungen über Beziehung des Eisen- und Phosphorkreislauf in Seen durchgeführt hatte (EINSELE 1936), zu einem der Europa-weit führenden Institutionen auf dem Gebiete der Fischereiwirtschaft (EINSELE 1957) (Abb. 21, 22). Durch die Herausgabe einer Fachzeitschrift „Österreichs Fischerei", bietet das Institut eine wichtige Diskussionsplattform für ein fischereibiologisches Fachpublikum im deutschsprachigen Raum an. Unter seinen Nachfolgern Erich Bruschek, Jens Hemsen, und Albert Jagsch (Abb. 23) konnte das Institut bis zum heutigen Tag erfolgreich weitergeführt werden (siehe JAGSCH 2003). Eine wichtige Aufgabe des Institutes war unter anderem auch die Betreuung der Teichwirtschaft (Erich Kainz), die später durch die Einrichtung einer Ökologische Station Waldviertel in Schrems (Leitung: Günter Schlott) Unterstützung fand.

Abb. 21: Das 1953 gegründete Bundesinstitut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde in Scharfling am Mondsee (jetzt ein Institut im Rahmen des Bundesamtes für Wasserwirtschaft). Foto: Jagsch.

Abb. 22: Wilhelm Einsele (links im Bild) entwickelte das Bundesinstitut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde zu einer europaweit führenden Einrichtung auf dem Gebiet der Fischereiwirtschaft. Foto: Jagsch.

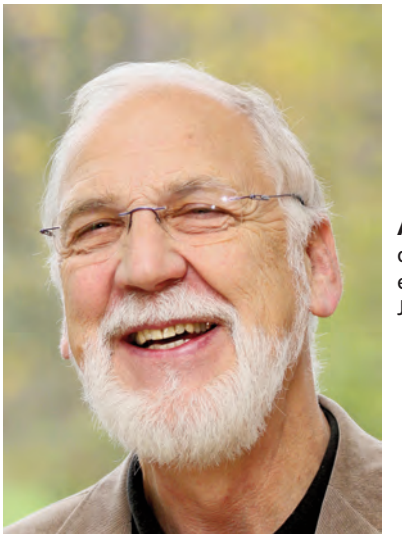

Abb. 23: Albert Jagsch konnte das Institut in Scharfling erfolgreich weiterführen. Foto: Jagsch.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Abb. 24: Die Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung in Wien Kaisermühlen. (jetzt ein Institut im Rahmen des Bundesamtes für Wasserwirtschaft). Ihre Aufgabe war die Behandlung wissenschaftlicher und praktischer Fragen des Gewässerschutzes und der Kontrolle und Verbesserung der Wassergüte im gesamten Bundesgebiet. Foto: Kafka.

Abb. 25: Reinhard Liepolt, Leiter der Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung in Wien Kaisermühlen von 1951-1972. Auf seine Initiative ist die Gründung der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung zurückzuführen, die seit 1947 besteht. Foto: Kafka.

Die zweite Bundesanstalt, die sich mit angewandten Gewässeraspekten auseinandersetzt, entstand in Wien Kaisermühlen. Ihre Aufgabe war die Behandlung wissenschaftlicher und praktischer Fragen des Gewässerschutzes und der Kontrolle und Verbesserung der Wassergüte im gesamten Bundesgebiet. Nachfolger von A. Cerny in der Leitung wurde 1950 Reinhard Liepolt, der sich 1956 an der Hochschule für Bodenkultur habilitierte (Abb. 24, 25). Liepolt war es bereits 1956 gelungen eine „Internationale Arbeitsgemeinschaft Donauforschung“ (IAD) zu gründen, die eine Basis für die weitere Forschung im gesamten Donaugebiet bildete. Diese Initiative schaffte nach dem 2. Weltkrieg – in der Zeit des „Eisernen Vorhanges“ – die Möglichkeit eines Austausches von Wissenschaftlern zwischen Ost und West. 1967 erschien das Standardwerk „ Limnologie der Donau“ (LIEPOLT, ed. 1967), auf dem die weitere Donauforschung begründet ist. Weiters gelang die Herausgabe einer eigenen Schriftenreihe „Wasser und Abwasser“ (siehe LIEPOLT 1962).

Die Expansion der limnologischen Forschung nach 1970

Wesentliche Impulse durch das „Internationale Biologische Programm“

In den 1970-er Jahren erfolgte eine sehr intensive Entwicklung der limnologischen Forschung in Österreich, die vor allem mit den Namen Heinz Löffler und Roland Pechlaner verbunden ist. Löffler und Pechlaner waren in vielerlei Hinsicht Antipoden, die sich trotz vielfach unterschiedlicher Auffassungen, in der Stärkung des Fachbereiches gut ergänzten.

Eine wesentliche fachliche Stimulierung ergab sich durch das „Internationale Biologische Programm“ (IBP 1967-1974) der UNESCO, durch die entsprechende Projektmitteln zur Verfügung standen. Das IBP basierte auf dem „tropho-dynamischen Konzept von Raymond LINDEMAN (1942), der erstmals den Fluss der Energie zwischen den verschiedenen Stufen der Nahrungspyramide – den Primärproduzenten (Algen und höhere großwüchsige Wasserpflanzen), den Konsumenten (herbivore und carnivore Tiere) und den mikrobiellen „Destruenten“ – am Beispiel eines nordamerikanischen Kleinsees quantifiziert hatte. Das Energiefluss-Konzept führte zu einer dynamischen Betrachtung von Ökosystemzusammenhängen. Es ermöglicht unterschiedliche Lebensräume – terrestrische und aquatische – im Hinblick auf die Struktur ihrer Nahrungsnetze und deren Produktivität, sowie die Effizienz der Energienutzung miteinander zu vergleichen. Das IBP war der erste groß angelegte multinationale Forschungsverbund, an dem weltweit über hundert Einzelprojekte beteiligt waren. Das Programm ermöglichte einen breiten Austausch zwischen den Forschungslandschaften der USA, West- und Osteuropas und erbrachte eine wesentliche konzeptive und methodische Weiterentwicklung der gesamten Ökologie.

In Österreich konnten im Rahmen des IBP unter der Schirmherrschaft der Österreichischen Akademie der Wissenschaften zwei sehr unterschiedliche Ökosysteme erforscht werden: der Neusiedler See durch zwei Arbeitsgruppen der Universität Wien und die Hochgebirgsseen des Kühtai in Tirol durch eine Arbeitsgruppe

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

der Universität Innsbruck. Zudem kam es zu einer Unterstützung der Forschung von Ingo Findenegg an den Kärntner Seen.

Am Neusiedler See bearbeitete eine Gruppe von Zoologen und Pflanzenphysiologen den Lebensraum des riesigen Schilfgürtels. Der Lebensraum der freien Seefläche war Thema der neu gegründeten Limnologischen Lehrkanzel der Universität Wien, Standort Berggasse 18. Die Koordination lag in den Händen von Heinz Löffler und Fritz Schiemer. Die Feldarbeiten erfolgten von einer kleinen Station, der „Vogelwarte", im Norden des Sees (Abb. 26). Das limnologische Programm umfasste eine breite Palette von Studien der physiographischen Bedingungen und der Lebensgemeinschaften des Freiwassers und der Bodensedimente mit dem Ziel ein Verständnis des Ökosystems und der wesentlichen steuernden Faktoren zu erlangen. Die langjährigen Untersuchungen führten zu neuartigen Erkenntnissen über die horizonale Gliederung der Lebensgemeinschaften und die Steuerung der Produktion in solchen Flachseen durch die Wirkung des Windes sowie über die hohe Bedeutung der Rand- und Uferzonen. Im Rahmen des Programmes konnten eine Reihe von Doktorarbeiten von Kollegen durchgeführt werden, die später eine maßgebliche Rolle in der österreichischen Gewässerökologie spielen sollten (z.B. Rainer Hacker, Alois Herzig und Peter Meisriemler). Eine umfassende Darstellung der Ergebnisse dieser mehrjährigen Untersuchungen, auch jener über die Lebensgemeinschaften des Schilfgürtels sowie über Wasservögel, erfolgte in Form einer wissenschaftlichen Monographie über den Neusiedlersee (LÖFFLER, ed. 1979).

An der Universität Innsbruck hatte Pechlaner die von Steinböck begonnenen Untersuchungen weitergeführt. Seine monografischen Beiträge über die „ Die Finstertaler Seen" (PECHLANER 1965) bildeten eine gute Basis für die ökosystem-orientierte Forschung im Rahmen des IBP. Pechlaner konnte eine engagierte Arbeitsgruppe zusammenstellen, die unter den schwierigen Bedingungen des Hochgebirges wertvolle Ergebnisse erarbeitete. Die Forschungen über das Bakterioplankton von Max Tilzer (TILZER 1972), später Ordinarius für Limnologie an der Universität Konstanz, und Gernot Bretschko über die saisonalen Wachstumsbedingungen des Zoobenthos sind besonders bemerkenswert, da sie wichtige Hinweise auf die Produktionssteuerung unter den extremen Bedingungen des Hochgebirges erbrachten (Abb. 27, 28). „Das Ökosystem Vorderer Finstertaler See" (PECHLANER et al. 1973) galt im Rahmen des IBP als Modellbeispiel für die moderne Erforschung von Hochgebirgs-Seen.

Beide Forschungsprogramme lieferten wichtige Beiträge für die internationale Synthese des Internationalen

Abb. 26: Die langjährigen Forschungsprojekte im Rahmen des Internationalen Biologischen Programmes, 1967-1973 förderten eine starke Entwicklung der Limnologie vor allem an den Universitäten Innsbruck und Wien. Von Wien aus wurde das Ökosystem des flachen Neusiedler Sees untersucht. Das Bild zeigt Martin Dokulil mit Ruttner-Schöpfer bei Primärproduktionsmessungen am See. Foto: Dokulil.

Abb. 27: Von der Universität Innsbruck aus erfolgten im Rahmen des IBP umfassende Untersuchungen an den Hochgebirgsseen des Kühtai. Gernot Bretschko vor dem Tauchgang zur Entnahme von Bodenproben am Vorderen Finstertaler See (1970). Foto: Leichtfried.

Abb. 28: IBP Finstertalersee: Gernot Bretschko und Max Tilzer vor der Feldstation am Vorderen Finstertaler See im Kühtai (1969). Foto: Leichtfried.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Abb. 29: Heinz Löffler, 1975 als Vorstand der Lehrkanzel für Limnologie, an der Universität Wien Wien 9., Berggasse 18, Heinz Löffler konnte neben der Etablierung der Lehrkanzel nach der Pensionierung von Findenegg auch die Leitung der Biologischen Station Lunz übernehmen. Daneben verfolgte Löffler die Idee, eine weitere Forschungsstelle am Mondsee im Salzkammergut zu gründen. Foto: Mizzaro.

Abb. 30: Agnes Ruttner-Kolisko, Leiterin der Biologischen Station Lunz von.1972 bis 1976. Foto: Schiemer.

Abb. 31: Entnahme eines Bohrkernes zur paläolimnologischen Analyse, etwa 1975 : Heinz Löffler, Manfred Bobek, Roland Schmidt, Norbert Schulz, Alfred Aigner. Heinz Löffler konnte mit seiner Arbeitsgruppe die Geschichte vieler österreichische Seen rekonstruieren. Roland Schmidt gelang es nach 1981 im Institut für Limnologie in Mondsee eine erfolgreiche paläoökologische Arbeitsgruppe aufzubauen. Foto: Schiemer.

Biologischen Programmes. Das zusammenfassende Werk „The functioning of freshwater ecosystems" (LeCren & Lowe-McConnell 1980), an der Gernot Bretschko, Fritz Schiemer und Max Tilzer aktiv eingebunden waren, widerspiegelt das vertiefte Verständnis über die Funktion limnischer Ökosysteme, das durch das IBP gewonnen werden konnte. Auch in dem IBP Synthese Band über Feuchtgebiete, „The production ecology of wetlands" (Westlake, Kvet, Szczepanski, ed. 1998), an dem Gerhard Imhof mitwirkte, spielen die am Neusiedler See gewonnenen Ergebnisse eine wesentliche Rolle.

Nach Abschluss des IBP wurde von der UNESCO das „Mensch und Biosphäre" (MaB)-Programm initiiert, das die Rolle menschlicher Einflüsse und die Nutzungen für Ökosysteme in den Vordergrund stellte. In diesem Rahmenprogramm wurden bis zum heutigen Tag eine Reihe sehr unterschiedlicher gewässerökologischer Projekte durchgeführt (siehe unten).

Neben dem erfolgreichen Verlauf des IBP kam es am Beginn der 70-er Jahre zu einer Reihe von wichtigen institutionellen Entwicklungen.

Die Karriere-Schmiede Wien, Berggasse 18

Heinz Löffler konnte neben der Etablierung der Lehrkanzel für Limnologie an der Universität Wien (Abb. 29) nach der Pensionierung von Ingo Findenegg auch die Leitung der Biologischen Station Lunz übernehmen. Er verwaltete sie administrativ von Wien aus. Die lokale Leitung lag in der Hand von Agnes Ruttner-Kolisko (Abb. 30). Daneben verfolgte Löffler die Idee, eine weitere Forschungsstelle am Mondsee im Salzkammergut zu gründen. Dieser – neben der Biologischen Sstation Lunz – zweite Standort des ÖAW-Institutes konnte mit Unterstützung des Landes Oberösterreich zwar erst 1981 fertig gestellt werden. Im Vorfeld dazu war es Löffler allerdings möglich akademisches Personal für das zukünftige Institut anzustellen. Eine größere Zahl von Mitarbeitern fand über viele Jahre gemeinsam mit dem Personal der Lehrkanzel der Universität in den angemieteten Räumlichkeiten, in Wien 9., Berggasse 18, vis-a-vis der ehemaligen Wohnung von Siegmund Freud, ihren Arbeitsplatz.

Der große Mitarbeiterstab verfolgte ein sehr breites Spektrum von Forschungsinteressen. Ein zentrales Thema blieb zunächst die Weiterführung der Untersuchungen am Neusiedler See. Neben weiteren limnochemischen Untersuchungen der freien Seefläche konnten im Rahmen eines MaB- Projektes auch die chemischen Austauschprozesse zwischen dem freien See und dem mächtigen Schilfgürtel thematisiert werden (Gunatilaka 1985). Die im IBP begonnenen Untersuchungen

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

über Plankton (Martin Dokulil und Alois Herzig) und Fische (Hans Winkler, Rainer Hacker und Herwig Waidbacher) konnten mit spezifischen Themen weitergeführt werden. Daneben bildete auch die Gewässerökologie der Salzlacken östlich des Neusiedlersees ein interessantes Forschungsfeld. Aus den freilandökologischen Befunden ergaben sich Fragestellungen, die gemeinsam mit Nan Duncan von der Universität London zu experimentellen Untersuchungen über die ökophysiologische Anpassung charakteristischer benthischer Kleinformen mit Hilfe der Cartesianischen Mikrorespirometrie-Technik führten.

Ein persönlicher Schwerpunkt von Heinz Löffler war die Biogeographie und die Artbildungsprozesse in tropischer Hochgebirgsseen, die rings um den Äquator isolierte Kälteinseln bilden. In der Zeit von 1953 bis 1972 führte er viele Expeditionen zu ihrer Erforschung durch. Sein weiterer Schwerpunkt war die Paläolimnologie, die historische Entwicklungsgeschichte von Gewässern (Abb. 31). Ein wichtiger Indikatororganismus dafür sind die Muschelkrebse (Ostracoden), die als Mikrofossilien in den Sedimenten enthalten sind. Löffler – selbst ein Spezialist dieser Tiergruppe – holte sich eine Verstärkung in der Person von Dan Danielopol, der in der weiteren Folge auch richtungsweisende Arbeiten zur Grundwasserökologie durchführte (Abb. 32) (siehe unten).

Daneben entwickelte sich eine breite Palette weiterer Forschungsinitiativen. Uwe Humpesch, Schüler von Gertrude Pleskot, befasste sich mit freilandökologischen und experimentellen Untersuchungen zur Taxonomie und Lebensgeschichte charakteristischer Arten des Makrozoobenthos. Gernot Falkner erforschte biochemische und physiologische Mechanismen der Nährstoffaufnahme von Blaualgen. Mathias Jungwirth, konzentrierte sich, nach seiner Doktorarbeit über die Limnologie einer Salzlacke östlich des Neusiedler Sees, auf die Aquakultur gefährdeter heimischer Fischarten – Seesaibling und Huchen – und auf die zunehmend wichtiger werdenden ökologischen Aspekte des Wasserbaues von Fließgewässern.

Diese Heterogeneität in der Forschungsorientierung in den räumlich begrenzten Möglichkeiten der Berggasse erwies sich zwar als sehr anregend und befruchtend, es fehlte allerdings ein einheitlicher verbindender Forschungs-Fokus.

Der Limnologie-Schwerpunkt in Innsbruck

Neben der Karriere-Schmiede Wien-Berggasse war Roland Pechlaner eine treibende Kraft für die beachtliche Entwicklung der Limnologie in den 1970-er Jahren. (Abb. 33). Durch seine Bestellung zum Extraordinarius und der Einrichtung einer eigenen Abteilung gelang es

Abb. 32: Dan Danielopol bei einer Grundwasserbeprobung an der Donau, 1974. Danielopol gründete am Institut für Limnologie in Mondsee eine Schule der Grundwasserökologie, die wesentliche Anregungen und Beitrage für die internationale Entwicklung dieses Fachbereiches lieferte. Foto: Schiemer.

Abb. 33: Roland Pechlaner mit Ulrich Sommer anlässlich einer Exkursion an den Neusiedler See (2001). Roland Pechlaner war eine treibende Kraft für die Entwicklung der Limnologie in den 1970-er Jahren. Es gelang ihm das Fachgebiet an der Universität Innsbruck strukturell zu verankern. Foto: Schiemer.

ihm das Fachgebiet an der Universität Innsbruck strukturell zu verankern und einen eigenen Studienplan für Limnologie zu entwickeln. Nach Abschluss des IBP und nachdem die Station am Finstertaler See aufgegeben werden musste, konnte die Hochgebirgsforschung von einer neuen Feldstation am Gössenköllesee weitergeführt werden. Pechlaner etablierte parallel dazu einen 2. Schwerpunkt in Form langfristiger Studien zur Eutrophierung und Restaurierung des Piburger Sees. Hier fand er mit Roland Psenner und Eugen Rott engagierte Partner. Ein 3. Schwerpunkt ergab sich durch Untersuchungen des Inn-Flusses im Zuge von geplanten Stauhaltungen (Harald Pehofer, Christian Sossau).

Es ist Pechlaners besonderes Verdienst eine Brücke. zwischen Ökologie und den Ingenieurwissenschaften geschaffen zu haben. Seinen fortwährenden Bemühungen bei öffentlichen Stellen ist zu verdanken, dass die

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Limnologie zu einem wichtigen Partner in der Wasserwirtschaft und im Wasserbau geworden ist. Dadurch hat er für die folgende Generation von Limnologen viele neue Berufsperspektiven eröffnet.

Das Kärntner Institut für Seenforschung

Neben der Biologischen Station Lunz, und den zwei Universitätsinstituten in Wien und Innsbruck kam im Verlauf der 1970-er Jahre eine weitere wichtige Institution hinzu: Nach seiner Pensionierung als Direktor der Biologischen Station in Lunz war es Ingo Findenegg möglich, in Klagenfurt ein Kärntner Institut für Seenforschung (KIS) einzurichten (1975), um seine früheren Untersuchungen an den Kärntner Seen weiterzuführen und eine solide Basis für ein Gewässermanagement zu schaffen. Er konnte Hans Sampl, der bei ihm seine Dissertation über den Erlaufsee verfasst hatte, als Kustos für Zoologie an das Kärntner Landesmuseum holen und ihm später die Leitung des Institutes übertragen (Abb. 34). Das KIS entwickelte sich mit Hans Sampl, Liselotte und Norbert Schulz zu einem wichtigen Partner in der limnologischen Forschungslandschaft Österreichs.

Diese drei Institutionen und die Biologische Station Lunz kooperierten in der Zeit von 1974 -1986 sehr eng im Rahmen von Programmen, die sich mit der Klärung von Eutrophierungs-Erscheinungen und ihren Ursachen befassten. Diese Themenstellung repräsentierte den „mainstream" der internationalen limnologischen Forschung zu dieser Zeit.

Abb. 34: Findenegg und Sampl bei der limnologischen Arbeit an einem Kärntner See (etwa 1972). Ingo Findenegg konnte nach seiner Pensionierung als Direktor der Biologischen Station Lunz in Klagenfurt ein Kärntner Institut für Seenforschung (KIS) einzurichten (1975) und Hans Sampl mit der Leitung betrauen. Foto: Nachlass Findenegg.

Gemeinsame Programme zur Erforschung der Seeneutrophierung 1974-1986

Eine besonders starke österreichische Präsenz gab es im Rahmen des Eutrophieprogrammes (1974-1977), das durch die OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) initiiert wurde. Erklärtes Ziel dieser praxisorientierten Studie an 200 Seen in 18 Staaten, war eine Vereinheitlichung der Erfassung und Beurteilung von Eutrophierungsprozessen, und die Entwicklung von Managementkonzepten zu deren Kontrolle. Das Untersuchungskonzept basierte auf Modellen, die eine quantitative Beziehung des Nährstoffeintrages, die aus dem Einzugsgebiet in ein Gewässer gelangen, mit den Nährstoffkonzentrationen im See und den Folgeerscheinungen in Verbindung zu bringen (VOLLENWEIDER 1976). Die so genannte externe Fracht, insbesondere an Phosphor, hängt von der Landnutzung des Einzugsgebietes, seiner Landschaftsstruktur und Geologie ab. Welche Mengen Phosphor (pro Quadratmeter Seefläche pro Jahr) ein Gewässer „verträgt" ohne einen eutrophen Zustand – mit seinen negativen Folgeerscheinungen – zu entwickeln, hängt insbesondere von der Tiefe des Sees und seiner Wassererneuerungszeit ab. Daneben sind auch die internen Nährstoff-Rücklösungen aus den Sedimenten und die Konfiguration und Entwicklung der Uferzonen entscheidend.

Österreich war in dem Programm durch Untersuchungen des Lunzer Untersees (Biologische Station Lunz, Koordination: Agnes Ruttner-Kolisko), des Attersees (Universität Wien, Koordination Günter Müller, später Otto Moog) und des Ossiachersees (Kärntner Institut für Seenforschung, Koordination Liselotte Schulz) beteiligt.. Für die Untersuchungen am Attersee konnte ein eigenes Labor in Weyregg eingerichtet werden.

Nach Abschluss des OECD-Programmes ergab sich die Notwendigkeit, weitere Untersuchungen im Rahmen von nationalen Projekten weiterzuführen, um ein detaillierteres Verständnis der Ursachen der Eutrophierung zu erlangen. Als ein wichtiger Aspekt in diesem Zusammenhang erwies sich eine Erfassung jenes Nährstoffeintrages, der nicht durch Zuflüsse, sondern in diffuser Form, z.B. über Niederschläge, in ein Gewässer gelangt. Andere offene Fragen betrafen die internen Frachten – die Nährstoffrücklösung aus den Sedimenten – sowie die Pufferwirkung der Ufervegetation.

Im Rahmen eines „Österreichischen Eutrophieprogrammes" (ÖEP) konnten in der Zeit von 1978-1986 folgende umfassende Studien durchgeführt werden:

- Erstellung einer Nährstoffbilanz in der Seenkette Fuschlsee-Irrsee-Mondsee-Attersee. (Limnologische

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Lehrkanzel der Universität Wien, Labor Weyregg, Koordination O. Moog)

- Die Bedeutung von Makrophyten als Eutrophierungspuffer am Beispiel des Lunzer Untersees(Biologische Station der ÖAW, A. Ruttner Kolisko und G. Malicky)
- Eutrophierung und Selbstreinigungsvorgänge in der Seenkette Hafnersee-Keutschachersee-Wörthersee (Kärntner Institut für Seenfoschung, H. Sampl, L. Schulz).

Der Restaurierungsverlauf Piburger See: Nährstofflieferung aus Sedimenten als Ursache der Oligotrophierungs-Verzögerung (Limnologische Arbeitsgruppe der Universität Innsbruck).

Eine erste Zusammenfassung der Ergebnisse erfolgte in der Brochüre „Ergebnisse des Österreichischen Eutrophieprogrammes 1978-1982". Ergänzende Studien zu diesem Thema erfolgten im Rahmen des MaB-Programmes über Eutrophierungseffekte auf das Benthos des Attersees (1975-1979) (LÖFFLER & NEWRKLA 1985) sowie über den Verlauf und die Ursache der Eutrophierung von zwei Kärntner Seen (Millstättersee und Wörthersee, SCHULZ et al. 1984) sowie des Piburger Sees (PSENNER et al. 1984).

Insgesamt waren die 70er Jahre gekennzeichnet durch eine starke Vernetzung und breite Zusammenarbeit der österreichischen Limnologie im Rahmen von internationalen und nationalen Projekten. Ihre Ergebnisse ergaben eine gute Basis für eine Kontrolle der Gewässergüte der österreichischen Seen. Diese Aufgabe wurde in der Folge von den Bundes- und Landesinstitutionen wahrgenommen (siehe „Seenreinhaltung in Österreich" in der Schriftenreihe Wasserwirtschaft, 1982 und 1989). Die Serie von österreich-weiten Forschungsprojekten mit gemeinsamer Zielorientierung war damit abgeschlossen.

Eine nachhaltige Initiative: die Einrichtung eines Postgraduierten Lehrganges für Trainees aus Entwicklungsländern

Als eine besonders befruchtende Initiative, angeregt durch Heinz Löffler, gefördert durch die UNESCO im Zusammenhang mit den genannten internationalen Forschungsprojekten und finanziert von der Republik Österreich im Rahmen der bilateralen Österreichischen Entwicklungszusammenarbeit, erwies sich die Einrichtung eines Lehrganges, (jährlich 10-12 Stipendien) der seit 1975 jährlich angeboten wird. Von Gerhard Imhof (der die Koordination in den ersten 17 Jahren innehatte) aufgebaut, wurde er zu einer weltweit bekannten Einrichtung (IMHOF 1991). Der Lehrgang läuft nach wie vor sehr erfolgreich, jetzt unter der Ägide der Universität für Bodenkultur (vorher Akademie der Wissenschaften) und unter der Leitung von Gerold Winkler (seit 1998). Gerade infolge der beharrlichen Fortführung über Jahrzehnte, erlangte er zunehmende Bedeutung für die Ausbildung fachlicher Führungskräfte auf dem Wassersektor vorrangig in Ostafrika, sowie in bestimmten Ländern Süd- und Ostasiens und Lateinamerikas. Darüber hinaus hat dieses Unternehmen durch die Einbeziehung einer großen Zahl von Unterrichtenden aus allen einschlägigen limnologischen Institutionen in Österreich und dem benachbarten Ausland, und von Fachleuten der Wasserwirtschaft, die Corporate Identity der österreichischen Limnologie erfreulich gestärkt.

Stimuliert durch diese Ausbildungstätigkeit von jungen Wissenschaftern aus den Ländern der 3. Welt entwickelte sich auch in Österreich ein breites Interesse an der Tropenlimnologie und an Fragen des Managements tropischer Gewässer. Dies hat bis zum heutigen Tage zu einer Reihe von Forschungsprogrammen in Asien und Afrika, mit praktische Orientierung geführt. Beispielhaft sei hier das Parakrama Samudra-Programm in Sri Lanka genannt, das von 1979 bis 1982 mit Beteiligung von Kollegen aus England, Deutschland und Holland lief, und das Ziel verfolgte, wisssenschaftliche Grundlagen für ein Management tropischer Stauseen unter Berücksichtigung der vielfältigen Nutzungsansprüche zu erarbeiten. Es bildete die Grundlage für ein weiteres, langjähriges EU- Projekt in Südostasien mit ähnlicher Aufgabenstellung (SCHIEMER et al. 2008). Weitere Projekte in Ländern der 3. Welt betrafen Forschungen am Lake Taihu in China (Dokulil), das Bomosa-Programm in Ostafrika (Waidbacher), das langjährige Kooperationsprogramm mit der Egerton-Universität in Kenya (Bretschko, Winkler), sowie die laufenden Untersuchungen an ostafrikanischen Salzseen (Schagerl).

Neue Schwerpunktsetzungen nach 1980

Die wechselseitige Stimulierung von Limnologie und allgemeiner Ökologie

Angeregt durch limnologische Forschung hatte sich in den 1960-er und 1970-er Jahren in der allgemeinen Ökologie ein Paradigmenwechsel vollzogen. Ein wesentlicher Impuls dazu ergab sich durch die Neudefinition des Begriffes der „ökologischen Nische" als die Summe der Eigenschaften eines Organismus, die seine „Fitness" in einem Ökosystem begründen (HUTCHINSON 1957). Dieses Nischenkonzept bewirkte eine stärkere Forschungsorientierung auf Auswirkungen von zwischenartlicher Konkurrenz, Prädation (Räuber-Beute Beziehungen) und auf störungsartige Veränderungen in

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

den Umweltbedingungen für die Struktur und Funktion von Lebensgemeinschaften. Die fruchtbare Verschneidung eines Produktions-orientierten Ansatzes, wie er von der Energieflussökologie vertreten wird, mit einem Forschungsansatz, der die system-steuernde Wirkung von zwischenartlicher Konkurrenz, sowie „top-down" Effekten durch Prädation (BROOKS & DODSON 1965) in den Vordergrund stellt, führte zu einer starken konzeptuellen Erweiterung der Systemökologie. Daneben erkannte man die hohe Bedeutung von Rand-und Überganszonen („Ökotone"), wie z.B. der Uferzonen (WETZEL 1990, NAIMAN & DECAMPS 1990) sowie die Bedeutung von Störungsereignissen für Biodiversität und Prozessabläufe in einer Landschaft (CONNELL 1978).

Für die Seenforschung erwiesen sich die klassischen Untersuchungen des Amerikaners TILMAN (1977) über Nährstoff-Konkurrenz von Planktonalgen als besonders wichtig, Die darauf aufbauende Forschung von Ulrich Sommer (siehe Abb. 33), einem Schüler von Elsa Kusel, der später eine Professor an der Universität Kiel übernahm, erbrachten wesentliche Erkenntnisse zur Saisonalität des Planktons und ihren Ursachen (SOMMER 1988). Weiters wurden die Prädations-Effekte von Fischen auf die Struktur des Zooplanktons zu einem zentralen Thema. Viele Forschungsergebnisse zeigten, dass Fische die Größenstruktur des Zooplanktons deutlich beeinflussen und sich dieser Effekt kaskadenartig auf die Zusammensetzung des Phytoplanktons und schließlich auf die bakterielle Aktivität, Dynamik der Nährstoffumsetzung und damit auf den Trophiegrad eines Gewässers auswirkt. Die Feststellung solcher Top-down Effekte führte zu einer intensiven Erforschung der funktionalen Bedeutung von Fischen in Gewässern.

Einen weiteren Fokus bilden mikrobielle Prozesse und die Kontrolle von Bakterien durch Mikroplankton, wie Ciliaten und heterotrophe Nanoflagellaten. Durch solche Beweidungseffekte bestehen kurzgeschlossene „Mikrobielle Schleifen" denen eine wichtige Rolle für die Nährstoff- und Kohlenstoff-Umsetzungen zukommt. Solche Aspekte, sowie die Bedeutung der Uferzonen von Gewässern als wesentliche Nährstoffregulatoren stellen zentrale Themen der modernen Seenlimnologie dar.

Auch die Fließgewässerforschung, die infolge der Schwierigkeiten Bäche und Flüsse als Ökosysteme abzugrenzen lange Zeit gegenüber der Seenforschung im Hintergrund gestanden war, erfuhr durch die neuen Entwicklungen der Ökologie starke Impulse

Ein erstes wichtiges Konzept bezog sich auf die charakteristischen Veränderungen des Makrozoobenthos – der substratbewohnenden Fauna – im Längsverlauf von Fließgewässern. Entsprechend dieser Längsgliederung von Lebensgemeinschaften und physiographischen Verhältnissen – Strömung, Bodensubstrat und Temperatur – wurden die Begriffe Krenal (Quellbereich), Rithral (Gebirgsbach) und Potamal (Tieflandfluss) geprägt (ILLIES 1961).

Etwas später beschrieb Noel HYNES (1975) in einem programmatischen Artikel „Der Bach und sein Einzugsgebiet" („The stream and its valley") Fließgewässer als offene Systeme, die sehr stark durch das Umland geprägt werden. In klassischen Untersuchungen seiner Schule konnte der Einfluss der Uferzonen, sowie die hohe Bedeutung der Prozessabläufe in den Bettsedimenten – dem Hyporheal – analysiert werden. Das Ökosystem Bach stellt durch die Prozessabläufe im Längsverlauf ein funktionelles Kontinuum dar (VANNOTE et al. 1980).

Stimuliert durch einen zunehmenden Bedarf an fachlichen Grundlagen für ein Management kam es international zu einem starken „Boom" in der Flließgewässerökologie. Dies bezog sich zunächst auf kleinere Fließgewässer. Die Ökologie großer Fließgewässer und ihrer Aulandschaften wurde in den letzten drei Jahrzehnten im Zusammenhang mit Fragen der Beeinträchtigung ihrer natürlichen ökologischen Dienstleistungen durch Regulierungen und Stauhaltungen zu einem wichtigen Thema.

Neue Forschungsstandorte, neue Spieler

Zu dieser Erweiterung der thematischen Schwerpunktsetzungen kam in den 80er Jahren eine Reihe von wichtigen institutionellen und personellen Entwicklungen, die zu einer starken fachlichen Diversifizierung der limnologischen Forschung in Österreich führten.

Der Forschungsstandort Berggasse 18, der sich in der Praxis als hervorragende Klammer zwischen der Lehrkanzel der Universität Wien und den Arbeitsgruppen de Limnologie Institutes der ÖAW entwickelt hatte, löste sich auf: Das Team, das sich in der Berggasse gebildet hatte, übersiedelte an das neu erbaute Institut in Mondsee im Zentrum der Seenlandschaft des Salzkammergutes, das 1981 fertig gestellt werden konnte. Etwas später, 1982, konnten die Mitglieder der Lehrkanzel (Löffler, Schiemer), in das neu erbaute Biozentrum der Universität Wien in die Althanstrasse im 9. Wiener Gemeindebezirk übersiedeln. Für die limnologische Ausbildung an der Universität Wien erwies es sich als großer Vorteil, dass viele extern habilitierte Kollegen in die Lehre eingebunden blieben. Dadurch ergab sich ein, im europäischen Vergleich, sehr breites Spektrum im Lehrangebot und für die Studierenden vielfache Möglichkeiten zur Durchführung von Forschungsarbeiten.

An der Biologischen Station Lunz übernahm 1976 Gernot Bretschko (Abb. 35, 36) die Leitung von Agnes Ruttner Kolisko, die zwischenzeitlich die Station

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

geführt hatte. Bretschko gab der Station ein neues, innovatives Forschungsprofil mit einem starken Fokus auf Fließgewässerökologie (siehe unten). Eine wesentliche Veränderung ergab sich auch am Institut für Hydrobiologie an der Bodenkultur, wo Mathias Jungwirth (Abb. 37) eine dynamische Institutsentwicklung einleitete.

Unter diesen institutionellen Rahmenbedingungen entstand in der österreichischen Limnologie eine große Breite von fachlichen Schwerpunktsetzungen, die bis heute weiter besteht (Abb. 38).

Fachliche Schwerpunktsetzungen

Paläolimnologie

Die Paläolimnologie rekonstruiert an Hand von Mikrofossilien (Pollen, Reste von Kleinkrebsen, Algen usw.) und den Inhaltsstoffen der abgelagerten Sedimente wie aus einem Buch die Landschaftsgeschichte sowie die Entwicklung der Seenökosysteme.

Die meisten der natürlichen Seen sind, in geologischen Zeiträumen gemessen, junge und kurzlebige Elemente der Landschaft. Mit wenigen Ausnahmen (z.B. Neusiedler See) sind sie durch die Gletschertätigkeit der letzten Eiszeit vor etwa 10.000 Jahren geformt worden. Sie unterliegen in ihrer kurzen Geschichte einem starken Verlandungsprozess.

Bereits in der Berggasse hatte Heinz Löffler zusammen mit Roland Schmidt die Geschichte vieler österreichische Seen rekonstruiert (LÖFFLER 1983).

Roland Schmidt gelang es dann in Mondsee eine sehr erfolgreiche paläoökologische Arbeitsgruppe aufzubauen. Sie wurde durch die Interessen von Roland Psenner verstärkt, der als Mitarbeiter an das Institut nach Mondsee gekommen war. Mit verbesserten Analysemethoden, die auch kurzfristige Veränderungen präzise abzubilden erlauben, konnten wesentliche Beiträge für ein Verständnis der Ursachen und Mechanismen der Eutrophierung, der Seenversauerung und der Auswirkungen des Klimawandels gewonnen werden (SCHMIDT et al. 2008). Besonders Hochgebirgsseen erwiesen sich als gute Indikatoren für globale Trends (PSENNER & SCHMIDT 1992).

Alpine und pannonische Seen

Das neue Institut am Mondsee bot ausgezeichnete Möglichkeiten für Seenforschung. Martin Dokulil und Alois Herzig initiierten mit ihren jeweiligen Arbeits-

Abb. 35: Gernot Bretschko von 1976-2001 Leiter der Biologischen Station Lunz. Er gab der Station ein neues, innovatives Forschungsprofil mit einem starken Fokus auf Fließgewässerökologie. Foto: Leichtfried.

Abb. 36: Elsa-Lore Kusel, Heinz Löffler und Gernot Bretschko anlässlich einer Exkursion. Archiv Schiemer.

Abb. 37: Mathias Jungwirth, Professor für Hydrobiologie und Fischereiwirtschaft an der Universität für Bodenkultur, bei einer Elektrobefischung. Archiv Schiemer.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Abb. 38: Festveranstaltung anlässlich des 80-sten Geburtstages von Agnes Ruttner-Kolisko an der Biologischen Station Lunz, 1991. 1. Reinhard Liepolt, 2. Agnes Ruttner-Kolisko, 3. Hans-Joachim Elster, 4. Franz Berger, 5. Fritz Schiemer, 6. Max Tilzer, 7. Arnold Nauwerck, 8. Werner Katzmann, 9. Elsa-Lore Kusel, 10. Bärbl Grunewald, 11. Doris Ruttner, 12. Elisabeth Danecker, 13. Gernot Bretschko, 14. Maria Leichtfried, 15. Hans Sampl, 16. Mathias Jungwirth, 17. Erni Kronsteiner, 18. Jörg Grunewald, 19. Marianne Katzmann, 20. Otto Siebeck, 21. Barbara Herzig, 22. Werner Kohl, 23. Alois Herzig, 24. Josefine („Pepperl") Aigner, 25. Gerhard Imhof, 26. Mario Mizzaro, 27. Erich Lanzenberger. Foto: Mizzaro.

Abb. 39: Alois Herzig bei Feldarbeiten am Mondsee. Foto: Dokulil.

gruppen langfristige Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons von alpinen Seen (siehe DOKULIL 2001) (Abb. 39). Daneben wurden Projekte zur Ökologie und Nahrungsbiologie von Fischen, die sich von Zooplankton ernähren, in Angriff genommen (HERZIG & WINKLER 1986) sowie die experimentellen, physiologischen Untersuchungen an pelagischen Blaualgen weitergeführt (FALKNER et al. 1980). Nach der Bestellung von Arnold Nauwerck 1987 als Direktor des Limnologischen Institutes der ÖAW in der Nachfolge von Heinz Löffler, konnte der Schwerpunkt Planktonforschung und die Rolle von zooplanktivoren Fischen weiter verstärkt werden (NAUWERCK 1992) (Abb. 40). Daneben führten Herzig und Dokulil auch von Mondsee aus ihre Untersuchungen am Neusiedler See weiter und sorgten

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Abb. 40: Arnold Nauwerck von 1987 bis 1996 Direktor des Limnologischen Institutes der ÖAW, mit Gernot Bretschko in Seehof, Lunz. Archiv WasserCluster.

so für die Kontinuität eines wertvollen Langzeit-Monitorings. Nach der Bestellung von Alois Herzig zum Direktor der Biologischen Station Illmitz wurden die Forschungen am Neusiedler See intensiviert (HERZIG et. al. 1994). Von der Universität Innsbruck aus erfolgten innovative Untersuchungen über mikrobielle und chemische Prozesse im Zusammenhang mit der Gewässerversauerung alpiner Hochgebirgsseen (PSENNER 1989, PSENNER & SCHMIDT 1992).

Fließgewässerforschung

Gernot Bretschko, 1976 als Leiter an die Biologische Station Lunz bestellt, gestaltete die Station – unter Ruttner und Findenegg ein Mekka der Seenkunde – zu einem international anerkannten Zentrum der Fließgewässerforschung (SCHIEMER & HERZIG 2008). Das „Ritrodat Programm „ konzentrierte sich auf eine intensive Untersuchung eines 100m langen Abschnittes des Seebaches vor der Haustüre der Station (Abb. 41-43). Es führte zu einem neuen Verständnis der Bedeutung der flussmorphologischen Dynamik für die enorme Artenvielfalt und die Prozessabläufe in kleineren Fließgewässern und trug über einen Zeitraum von 25 Jahren wesentlich zur Konzept- und Methodenentwicklung der Fließgewässerökologie bei (BRETSCHKO 1978, BRETSCHKO & HELESIC 1998). Die Station entwickelte eine hohe Attraktivität für Studierende (z.B: Klement Tockner, dzt. Direktor des IGB-Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin) und

Abb. 41: Das „Ritrodat" Forschungsareal in Lunz. Das „Ritrodat Programm" konzentrierte sich auf eine intensive Untersuchung eines 100m langen Abschnittes des Seebaches vor der Haustüre der Biologischen Station. Foto: Leichtfried.

Abb. 42: Gernot Bretschko und Arnold Leichtfried bei der Entnahme eines Bohrkernes im Seebach. Foto: Leichtfried.

Abb. 43: Gernot Bretschko auf der Brücke des Ritrodat-Areales. Foto: Leichtfried.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Abb. 44: Mathias Jungwirth, Susanne Muhar und Stefan Schmutz vor dem Institut für Hydrobiologie an der Universität für Bodenkultur. Zentrale Fragestellung des Institutes ist die Bewertung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern und die Entwicklung von Restaurierungsprogrammen. Foto: Jungwirth.

Abb. 45: Uwe Humpesch und Richard Niederreiter an der Donau. Richard Niederreiter (Fa. Uwitec) schuf die technischen Möglichkeiten für die Untersuchungen des Benthos der freien Fließstrecke der Donau. Archiv Uwitec.

Abb. 46: Benthosprobenentnahme an der Donau. Archiv Uwitec.

internationale Gäste. In enger Kooperation zu Lunz forschte Johann Waringer an der Universität Wien über die Ökologie von Wienerwaldbächen (WEIGLHOFER & WARINGER 2003).

Am Limnologie Institut in Mondsee baute Dan Danielopol sehr erfolgreich eine Schule der Grundwasserökologie auf, die wesentliche Anregungen und Beitrage für die internationale Entwicklung dieses Fachbereiches lieferte (DANIELOPOL 1980, DANIELOPOL et al. 2003, GRIEBLER & MÖSSLACHER 2003).

Am Institut für Hydrobiologie an der Universität für Bodenkultur konnte Mathias Jungwirth mit Herwig Waidbacher, Susanne Muhar und Stefan Schmutz ein starkes Team gewinnen (Abb. 44). Zentrale Fragestellung war die Bewertung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern und die Auswirkung unterschiedlicher Flussregulierungen auf Fischbestände (JUNGWIRTH 1986). In der Folge gelang es in enger Zusammenarbeit mit Kollegen der Fachbereiche Wasserbau und Hydrologie einen international anerkannten Schwerpunkt zum Thema ökologischer Wasserbau und Fluss-Restaurierung zu bilden (JUNGWIRTH et al. 2002, 2003). Diese Forschungsorientierung wurde ergänzt durch eine Arbeitsgruppe von Otto Moog, die sich mit Makrozoobenthos als Indikatoren für die ökologische Beurteilung von Fließgewässern befasste. Die Lehr- und Forschungstätigkeit des Institutes spielt für die Wissensvermittlung der Gewässerökologie in die praktischen Berufszweigen Kulturtechnik, Land- und Forstwirtschaft, eine bedeutende Rolle. Ihre Wirkung ist im praktischen Gewässermanagement Österreichs klar erkennbar.

Forschungsprogramme an der Donau

Die Diskussion um das umstrittene Donaukraftwerk Hainburg 1983/84, in die Heinz Löffler und Fritz Schiemer von der Limnologischen Lehrkanzel der Universität Wien eingebunden waren, förderte ein generelles Interesse an großen Fließgewässern und ihren Auen. Die umfassenden fachlichen Auseinandersetzungen in der von der österreichischen Bundesregierung nach dem Baustopp der Staustufe Hainburg eingerichteten „Ökologiekommission“ und den Überlegungen zu einer Staustufe Freudenau bei Wien verstärkten dieses Interesse und wiesen auf die Wichtigkeit einer intensiven ökologischen Behandlung des Themas „Große Fließgewässer“ hin (siehe Donauforschung neu: 1976-2001). Standen zunächst Fische als wesentliche Indikatoren der Strukturvielfalt und der ökologischen Integrität der Flusslandschaft von Fluss und Auengebieten im Vordergrund (Schiemer & WAIDBACHER 1992), so erweiterte sich später der Forschungsschwerpunkt in Richtung einer systemischen Betrachtung von Fluss-Au-Landschaften, mit richtungsweisenden Untersuchungen, die eine

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

breite Wahrnehmung erfuhren (HEILER et al. 1995, TOCKNER et al. 1999, HEIN et al. 2003).. Es zeigte sich die Notwendigkeit eines interdisziplinären Ansatzes und der Vernetzung von Ökologie, Hydrologie und Wasserbau. Eine Reihe von Auftragsarbeiten, ergaben hervorragende Synergie-Effekte zwischen Grundlagenforschung und der Beantwortung angewandter Fragen: Die Einbindung in Konzeption, Planung und wissenschaftlicher Begleitung in ein erstes großangelegtes Restaurierungprojekt an der Donau setzte Maßstäbe für Restaurierungsvorhaben großen Fließgewässer weltweit (SCHIEMER et al. 1999).

Im Raume Wien begannen im Auftrag der Gemeinde Wien langfristige Untersuchungen an den Gewässern der Lobau, zur Planung und Durchführung von Dotationsmaßnahmen (IMHOF et al. 1992, RECKENDORFER et al. 2013).

Ein weiteres innovatives Programm an der Donau war die „Ökosystemstudie Donaustau Altenwörth", an der neben Ökologen auch Hydrologen, Landschaftsplaner und Sozialwissenschaftler teilnahmen. Es basierte auf einer Initiative des Österreichischen Nationalkomitees der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (ÖN-IAD) (1976 von Liepolt gegründet, von Werner Kohl als Präsident geführt). Es konstituierte sich eine Arbeitsgemeinschaft in die das Limnologisches Institut der ÖAW in Mondsee (Herzig: Zooplankton und Koordination, Humpesch: Benthos der Stauwurzel, Dokulil: Phytoplankton), und Lunz (Bretschko: Benthos Stauraum), die Universität für Bodenkultur (Waidbacher: Fische) und die Universität Wien (Janauer: Makrophyten) eingebunden waren. Das Projekt konnte von 1985 an im Rahmen der MaB Initiative mit finanzieller Förderung durch die „Donaukraft" (Betreiberin der Donaukraftwerke), durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, durch die ÖAW und mit starker logistischer Unterstützung durch die Wasserstraßendirektion (jetzt Via Donau) durchgeführt werden. Die Studie lieferte umfassende Ergebnisse zur Ökologie von Laufstauen an großen Fließgewässern und eine Palette von innovativen Methoden zu deren Erforschung (HERZIG & PARZ-GOLLNER 2001, HUMPESCH 1992). Nach Abschluss der Altenwörth-Studie führte die Arbeitsgemeinschaft ein Folgeprojekt im Rahmen des MaB-Ökotonprogrammes im Bereich der freien Fließstrecke unterhalb Wiens durch (G. JANAUER 2001). Gleichzeitig fanden mit Unterstützung der „Donaukraft" technisch sehr schwierige Untersuchungen des Benthos der freien Fließstrecke statt, für die Richard Niederreiter (Fa. Uwitec) die technischen Möglichkeiten schuf (HUMPESCH & FESL 2005) (Abb.45, 46). In der weiteren Folge konnten die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft die wissenschaftliche

Abb. 47: Martin Dokulil bei Chlorophyll-messungen mit einer Studentin anlässlich einer Exkursion in das Donaudelta. Foto: Schiemer.

Fragen des Managements der „Neuen Donau", (Entlastungsgerinne im Bereich Wiens), sowie der Restaurierungsmaßnahmen an der Alten Donau in Wien behandeln.. Diese Programme erbrachten neue Erkenntnisse über Nährstoffregulation in Gewässern durch großwüchsige Wasserpflanzen (Makrophyten) (DOKULIL & JANAUER 2000) (Abb. 47, 48).

Forschungsschsschwerpunkt Fischökologie

Durch die Erkenntnisse über ihre strukturierende Rolle in aquatischen Ökosystemen waren Fische zu einem wesentlichen Thema der Limnologie geworden. Eine starke Anregung erfuhr die Fischforschung in Österreich durch ein Schwerpunktprogramm des Fonds

Abb. 48: Georg Janauer und Alois Herzig anlässlich einer Exkursion in das Donaudelta. Foto: Schiemer.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Abb. 49: Das Gebäude des Wasserklusters in Lunz am See. Nach der Entscheidung der ÖAW die Biologische Station Lunz zu schließen, gelang mit finanzieller Unterstützung der Länder Niederösterreich und Wien die Einrichtung eines Forschungszentrums „Wasserclusters Lunz", an der partnerschaftlich die drei Universitäten Wien, Bodenkultur und die Donauuniversität Krems beteiligt sind. Foto: Weinfranz.

Abb. 50: Mathias Jungwirth und Fritz Schiemer mit BM Hahn bei der Eröffnung des Wasserklusters in Lunz. Archiv WassertCluster.

Abb. 51: Thomas Hain, wissenschaftlicher Geschäftsführer des Wasserklusters in Lunz. Sein Forschungsschwerpunkt: Funktionalität von Flusslandschaften. Foto: Weinfranz.

zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung das von 1985-1990 lief. Thema waren die ökologischen Anpassungen an die natürlichen Umweltgegebenheiten und künstlichen Umweltveränderungen der mit artenreichsten und ökologisch diversesten Familie von heimischen Fischen – den Cypriniden (karpfenartigen Fischen), zu denen Massenfischarten wie Rotaugen, Lauben, Brachsen etc. zählen.

Das Projekt verband die Expertise von vier Arbeitsgruppen: Das Team des Zoophysiologischen Institutes der Universität Innsbruck unter der Leitung von Wolfgang Wieser konzentrierte sich auf ökophysiologische Aspekte, in Erweiterung früherer Studien über Salmoniden (Forellen und Saiblinge). An der Universität Wien (Fritz Schiemer) befasste sich eine Arbeitsgruppe mit Feldforschung über Habitat- und Nahrungswahl in Verbindung mit experimentellen bioenergetischen Studien über die Ansprüche in den kritischen Frühstadien charakteristischer Arten. Diese Kombination führte zu einer erhebliche Verbesserung des Indikationswertes von Fischen für die Beurteilung des Zustandes großer Fließgewässer (SCHIEMER & WAIDBACHER 1992). Die AG des Konrad-Lorenz Institutes für Vergleichende Verhaltensforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Hans Winkler) in Kooperation mit dem Limnologischen Institut in Mondsee führte Untersuchungen über die Ethologie des Nahrungserwerbes charakteristischer Zooplankton fressender Arten durch. Diese Studien wurden komplettiert durch die Erforschung der ökomorphologischen Anpassungen in den Sinnesorganen, des Ernährungsapparates, der Schwimmfähigkeit etc. der Arbeitsgruppe der Universität Salzburg (Alfred Goldschmid, Kurt Kotrschal). Das Projekt führte zu einer wesentliche Wissenserweiterung (WIESER et al. 1992) und stimulierte weitere Forschungsaktivitäten an Fischen im Rahmen der österreichischen Limnologie.

Limnologie im neuen Jahrtausend: institutionelle Entwicklungen, Schwerpunktsetzungen, Programme

In den letzten 15 Jahren hat sich die institutionelle Situation der Limnologie nochmals verschoben. Die Österreichische Akademie der Wissenschaften begann sich aus der Verantwortung für das Forschungsfeld Limnologie zurückzuziehen, zunächst durch die Schliessung der Biologischen Station Lunz im Jahre 2003 und 10 Jahre später – nach einer langen Phase der Unsicherheit über die Zukunft des Institutes für Limnologie in Mondsee – durch ihre Übergabe an die Universität Innsbruck. Allerdings konnten für den Standort Lunz durch die langjährigen Bemühungen der Vertreter der Universität für Bodenkultur (M. Jungwirth) und der Universität Wien (F.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Schiemer) eine Lösung in Form der Einrichtung eines Forschungszentrums „Wasserclusters Lunz“ gefunden werden. Durch die finanzielle Unterstützung der Länder Niederösterreich und Wien war es möglich ein großes neues Gebäude am Lunzer Untersee mit hervorragenden Labormöglichkeiten einzurichten und das Gebäude der alten Biologischen Station zu sanieren und zu modernisieren. Dadurch besteht seit 2005 eine landschaftsökologisch orientierte Wasserforschung, an der partnerschaftlich die drei Universitäten Wien, Bodenkultur und die Donauuniversität Krems beteiligt sind. Die dynamische Entwicklung des Wasserclusters basiert auf der innovativen Idee, die jeweiligen Stärken in der Forschungsorientierung der drei Universitäten zu bündeln und zu harmonisieren. Die vier Arbeitsgruppen (Hein, Battin, Kainz, Ptacnik) konnten bereits eine große Zahl von nationalen und internationalen Forschungsprojekten einwerben und die limnologische Forschungslandschaft wesentlich erweitern (Abb. 49, 50, 51).

An der Universität Wien erfuhr die Limnologie im Rahmen des im Jahre 2000 gegründeten „Institutes für Ökologie und Naturschutz“ (seit 2005 Fakultätszentrum für Ökologie) eine wesentliche Stärkung durch den Zusammenschluss der Lehrkanzel mit der Abteilung für Hydrobotanik mit Georg Janauer als Nachfolger von Elsa Kusel sowie der Arbeitsgruppe von Johann Waringer (Bachökosysteme und aquatische Insekten). Unter der Leitung von Fritz Schiemer stand das Thema „Ökologie großer Fließgewässer mit besonderer Betonung der Restaurierungsökologie“ im Mittelpunkt. Die Mitarbeit an der Konzeption und Planung von Restaurierungs-Projekten sowie die Durchführung der erforderlichen Forschung bot die Möglichkeit Großexperimente auf Landschaftsebene durchzuführen. Die Zusammenarbeit von sechs Arbeitsgruppen, Peter Peduzzi (Ökologie von Viren und Bakterien), Tom Battin (Kohlenstoff-Flüsse und Biofilme), Georg Janauer (Wasserpflanzen), Johann Waringer (Makrozoobenthos), Hubert Keckeis (Fischökologie) und Fritz Schiemer (Restaurierungsökologie) bot die Möglichkeit einen Schwerpunkt mit dem genannten Thema zu bilden zu bilden, der eine breite internationale Wahrnehmung erlangte. Nach der Emeritierung von Schiemer (2009) behielt Tom Battin als sein Nachfolger das Schwerpunktthema Fließgewässerökologie bei und entwickelte einen starken Fokus auf die Bedeutung von Fließgewässernetzwerken für den globalen Kohlenstoffkreislauf (BATTIN et al. 2008) (Abb. 52).

Das Limnologie Department der Universität Innsbruck konzentrierte sich unter der Leitung von Roland Psenner (Abb. 53), auf hydrochemische und mikrobiologische Fragestellungen an Hochgebirgsseen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Rolle als Indikatoren für globale anthropogene Veränderungen, (CATALAN et al. 2013) sowie der Bedeutung der hohen UV-Strahlung für diese Gewässerökosysteme (SOMMARUGA 2001). Leopold Füreder nimmt in Innsbruck die Fließgewässerforschung wahr.

Abb. 52: Tom Battin und Fritz Schiemer an der Donau. Das Limnologie Department der Universität Wien entwickelte das Schwerpunktthema „Ökologie großer Fließgewässer mit besonderer Betonung der Restaurierungsökologie“. Battin als Nachfolger von Schiemer setzte einen Fokus auf die Bedeutung von Fließgewässernetzwerken für den globalen Kohlenstoffkreislauf. Archiv Schiemer.

Abb. 53: Roland Psenner, Professor für Limnologie an der Universität Innsbruck, der u.a. richtungsweisende Untersuchungen über die Bedeutung alpiner Hochgebirgsseen als Indikatoren für globale anthropogene Veränderungen durchgeführt hat. Archiv Psenner.

Das Limnologische Institut in Mondsee unter Leitung von Thomas Weisse, der 1998 Arnold Nauwerck als Leiter folgte, entwickelte zu den etablierten Abeitsgruppen einen Schwerpunkt zu mikrobiellen, pelagischen Prozessen in Seen, insbesondere dem modernen Thema der Nahrungsketten-Interaktionen innerhalb

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

Abb. 54: Das Forschungsinstitut für Limnologie in Mondsee, ursprünglich eine Gründung der ÖAW, nach einem langjährigen Umbau seit 2014 im Verwaltungsbereich der Universität Innsbruck. Foto: Forschungsinstitut für Limnologie, Mondsee-Uni Innsbruck.

Abb. 55: Rainer Kurmayer, seit 2014 Leiter des Institutes in Mondsee. Sein Forschungsfokus ist die Ökologie und Genetik von planktischen Cyanobakterien. Foto: Forschungsinstitut für Limnologie, Mondsee-Uni Innsbruck.

der mikrobiellen Gemeinschaft (Weisse 2003). Rainer Kurmayer eröffnete ein weiteres, sehr zeitgemäßes Thema über die Bedeutung und genetische Diversität toxischer Cyanobakterien (Blaualgen), die unter bestimmten Bedingungen Massenentfaltungen im Plankton zeigen (Kurmayer et al. 2004). Daneben konnten die Forschungen von Marin Dokulil, Roland Schmidt Josef Wanzenböck (Wanzenböck & Winfield 2013) Dan Danielopol, Gernot Falkner u.a. erfolgreich weitergeführt werden. 2013 ist das Institut in Mondsee nach einem langjährigen Umbau und mit einem neuen Leiter, Rainer Kurmayer, in die Verwaltung der Universität Innsbruck übergegangen (Abb. 54, 55).

Bereits in den 1990-er Jahren, aber insbesondere nach der Jahrtausendwende fanden viele Untersuchungen im Rahmen internationaler Großprojekte statt. Das EU-Programm CLIME (Climate Lake Impacts in Europa), z.B., ging der Frage der Auswirkung globaler Klimaveränderung auf Seen nach. 21 Seen in ganz Europa wurden im Hinblick auf historische und aktuelle Muster der Klimaänderungen untersucht. In diesem Zusammenhang zeigte sich der große Wert von Langzeituntersuchungen wie sie für etliche der österreichischen Seen vorliegen (Dokulil et al. 2010). Wichtige Forschungsaktivitäten liefen auch in Richtung der Entwicklung und Kalibrierung von Indikationssystemen für die Beurteilung von Gewässern im Zusammenhang mit der EU-Wasserrahmenrichtlinie. In mehreren EU-Projekten (EUROLIMPACS, AQEM und STAR) spielten die Forschungsaktivitäten von Otto Moog und anderer Kollegen an der Universität für Bodenkultur für die Entwicklung gesamteuropäischer Rechtsnormen eine wesentliche Rolle (Moog & Chovanec, 2000, Verdonschot & Moog, 2006).

Zusammenfassung

Dieser Überblick zeigt, dass das Land Österreich entsprechend seinem Reichtum an Fließgewässern und Seen, seit jeher eine wesentliche Position in der internationalen Entwicklung der Gewässerökologie eingenommen hat. Die Limnologie hat sich – entsprechend der Komplexität ökologischer Fragen – immer mehr von individuellen Forschungsinteressen in Richtung interdisziplinärer Teamarbeit verschoben. Die Notwendigkeit der Kombination von Feld- und Laborarbeit, und der Anwendung von automatisierten Mess- und Erfassungsmethoden und mathematischer Modellierung ist zunehmend stärker geworden.

Der Fachbereich ist heute an mehreren Universitäten und Forschungsinstitutionen gut verankert. Daneben sind jene Institutionen wesentlich, die mit der Gewässerüberwachung, der fischereilichen Bewirtschaftung, der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie usw. beauftragt sind (Bundesanstalt für Wasserwirtschaft, Umweltbundesamt, Landesanstalten). Eine zunehmend wichtige Rolle in diesem Zusammenhang spielen als Auftragnehmer auch „ Technische Büros für Ökologie“. Durch gute Abstimmung mit den Forschungsinstitutionen z.B. im Rahmen der alljährlich stattfindenden Limnologentreffen, die einen Austausch zwischen Grundlagenforschung und Anwendungsfeldern ermöglichen, ist eine hohe fachliche Qualifikation gewährleistet. Die österreichische Limnologie ist also nach einer erfolgreichen Geschichte, heute gut aufgestellt, um den steigenden Anforderungen auf dem Wassersektor gerecht zu werden.

Danksagung

Ich darf mich bei Gerhard Aubrecht, Martin Dokulil, Alois Herzig, Gerhard Imhof und Alfred Jagsch für

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

die kritische Durchsicht des Manuskriptes und für viele wertvolle Anregungen bedanken. Für das Bildmaterial danke ich Martin Dokulil, Alfred Jagsch, Mathias Jungwirth, Gerhard Kavka, Maria Leichtfried, Christian Preiler, Roland Psenner, Eva Lugbauer, Waltraud Sertl, Sabine Wanzenböck.

Literatur

BATTIN T., LUYSSAER T., KAPLAN L.A., AUFDENKAMPE A.K., RICHTER A. & L.J. TRANVIK (2009): The boundless carbon cycle. — Nature Geoscience **2**: 598-600.

BERGER F. (1955): Die Dichte natürlicher Wässer und die Konzentrationsstabilität in Seen. — Arch. Hydrobiol. Suppl. **22**: 286-294.

BIRGE E.A. & C. JUDAY (1911): The inland lakes of Wisconsin: The dissolved gases of the water and their biological significance. — Bull. Wis. Geol. Nat. Hist. Surv. **22**, Sci. Ser.**7**, 259 pp.

BREHM V. & F. RUTTNER (1926): Die Biozönosen der Lunzer Gewässer. — Int. Rev. Hydrobiol. **16**: 281-391.

BRETSCHKO G. (1978): Ökosystemforschung Gebirgsbach. Ritrodat Lunz. — Jahr. Ber. Biol. Stat. Lunz **1**: 1-16.

BRETSCHKO G. & J. HELESIC (1998): Advances in river bottom ecology. — Backhuys Publishers, Leiden, 344 pp.

BROOKS J.I. & S.I. DODSON (1965): Predation, body size and composition of plankton. — Science **150**: 28-35.

CATALAN J., PLA-RABES S., WOLFEA.P., SMOL J.P., RÜHLAND K.M., ANDERSON N.J., KOPACEK J., STUCHLIK E., SCHMIDT R., KOINIG K.A., CAMERERO L. FLOWER R.J., HEIRI O., KAMENI C., KORHOLA A., LEAVITT P.R., PSENNER R. & I. RENBERB (2013): Global change revealed by palaeolimnological records from remote lakes. A review. — J. Paleolimnol. **49**: 513-535.

CONNELL J.H. (1978): Diversity in tropical rainforests and coral reefs. — Science **109**: 1304.

DANIELOPOL D. (1980): The role of the limnologist in groundwater studies. — Int. Rev. Hydrobiol. **65**: 777-791.

DANIELOPOL D.L., GRIEBLER C., GUNATILAKA A. & J. NOTENBOOM (2003): Present state and future prospects of groundwater ecosystems. — Environmental Conservation **2**: 104-130.

DOKULIL M., HAMM A. & J.-G. KOHL (2001): Ökologie und Schutz von Seen. — Fakultas UTB, 499 pp.

DOKULIL M.T., TEUBNER K., JAGSCH A., NICKUS U., ADRIAN R., STRAILE D., JANKOWSKI T., HERZIG A. & J. PADISAK (2010): The impact of Climate Change on Lakes in Central Europe. — In: GLEN GEORGE (ed.), The impact of Climate Change on European lakes, Aquatic Ecology Series, Springer: 387-409.

DOKULIL M.T. & G.A. JANAUER (2000): Alternative stable states of macrophytes versus phytoplankton in two interconnected impoundments of the New Danube (Vienna, Austria). — Arch. Hydrobiol. Suppl. **135** (Large Rivers 12): 75-83.

DONAUFORSCHUNG NEU 1976-2001: 25 Jahre österreichisches Nationalkomitee der internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung. — Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft **12**, 125 pp. (mit Beiträgen von Herzig & Parz-Gollner, Janauer, Schiemer et al.).

EINSELE W. (1936): Über die Beziehung des Eisenkreislaufes zum Phosphorkreislauf im eutrophen See. — Arch. Hydrobiol. **29**: 664-686.

EINSELE W. (1957): Flussbiologie, Kraftwerke und Fischerei. — Schr. Österr. Fisch. Verh. **1**: 7-60.

ELSTER H.-J. (1971): Das bisherige Werk Ingo Findeneggs als Beitrag zur Geschichte der theoretischen und angewandten Limnologie. — Carinthia, Sonderheft **31**, Festschrift Findenegg: 9-22.

ERGEBNISSE DES ÖSTERREICHISCHEN EUTROPHIEPROGRAMMES 1978-1982 (1983) BM für Gesundheit und Umweltschutz und BM für Wissenschaft und Forschung. 107 pp. (Zusammenfassung der 4 Projekte, siehe Text).

FALKNER G., HORNER F. & W. SIMONIS 1980: The regulation of the energy-dependent phosphate uptake by the blue-green alga Anacystis nidulans. — Planta

FINDENEGG I. (1933): Alpenseen ohne Vollzirkulation. — Int. Rev. Hydrobiol. **28**: 295-311.

FINDENEGG I. (1935): Limnologische Untersuchungen im Kärntner Seengebiete. — Int. Rev. Hydrobiol. **32**: 369-423.

FINDENEGG I. (1965): Factors controlling primary productivity, especially with regard to water replenishment, stratification and mixing. — Mem. Ist. Ital. Idrobiol. **18** Suppl.: 105-119.

FORBES S. T. (1887): The lake as a microcosm. — Bull. Peoria (Illinois) Scient. Ass. **1887**: 77-87.

FOREL A. (1892, 1895, 1904): Le Leman: Monographie limnologique, I, II, III. — F. Rouge, Lausanne.

GRIEBLER C. & F. MÖSSLACHER (2003): Grundwasserökologie. — Fakultas UTB, 495 pp.

GUNATILAKA A. (1985): Nährstoffkreisläufe im Schilfgürtel des Neusiedler Sees: Auswirkungen des Grünschnittes. — Wiss. Arb. Bgld. **72**: 225-310.

HAECKEL E. (1866): Generelle Morphologie der Organismen. — Reimer, Berlin, 1866.

HAECKEL E. (1870): Über Entwicklungsgang und Aufgabe der Zoologie. — Zeitschrift der Naturwissenschaft (Jena) **5**: 353-370.

HAEMPEL O. (1930): Fischereibiologie der Alpenseen. — Die Binnengewässer, Bd. **X**, 184 pp.

HEILER G., HEIN T., SCHIEMER F. & G. BORNETTE (1995): Hydrological connectivity and flood pulses as the central aspect for the integrity of a river-floodplain system. — Regul. Rivers: Research and Management **11**: 351-361.

HEIN T., BARANYI C., HERNDL G., WANEK W. & F. SCHIEMER (2003): Allochthonous and autochthonous particulate organic matter in floodplains of the river Danube: the importance of hydrological connectivity. — Freshwater Biology **48**: 220-232.

HERZIG A., MIKSCHI E., AUER B., HAIN A., WAIS A. & G. WOLFRAM (1994): Fischbiologische Untersuchung des Neusiedler Sees. — BFB-Bericht **81**, 125pp.

HERZIG A. & R. PARZ-GOLLNER (2001): Ökologische Evaluierung und Management in einem Stauraum und seinem Hinterland (Donaukraftwerk Altenwörth). — In: Donauforschung neu, 1976-2001: 25 Jahre österreichisches Nationalkomitee der internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft **12**: 1-21.

HERZIG A. & H. WINKLER (1986): The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes, *Abramis brama*, *Chalcalburnus chalcoides mento* and *Vimba vimba*. — J. Fish. Biol. **28**: 171-181.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

HUMPESCH U. (1992): Ecosystem study Altenwörth: impacts of a hydroelectric power-station on the River Danube in Austria. — Freshwater Forum **2**: 33-58.

HUMPESCH U. & C. FESL (2005): Biodiversity of macrozoobenthos in a large river, the Austrian Danube, including quantitative studies in a free-flowing stretch below Vienna: a short review. — Freshwater Forum **24**: 3-23.

HUTCHINSON G.E. (1957): Concluding remarks. — Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology **22**: 415-427.

HUTCHINSON G.E. & H. LÖFFLER (1956): The thermal classification of lakes. — Proc. Nat. Acad. Sci. Wash. **42**: 84-86.

HYNES H.B.N. (1975): The stream and its valley. — Verh. Int. Ver. Limnol. **19**: 1-15.

ILLIES J. (1961): Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. — Int. Rev. Ges. Hydrobiol. **46**: 205-213.

IMHOF G. (1991): Der Internationale Post-Graduierten Lehrgang in Limnologie („UNESCO-KURS"). — In: 10 Jahre Institut für Limnologie Abt. Mondsee 1981-1991. Österr. Akad. Wiss., Inst. f. Limnol. Abt. Mondsee.

IMHOF G., SCHIEMER F. & G. JANAUER (1992): Dotation Lobau – Begleitendes ökologisches Versuchsprogramm. — Österreichische Wasserwirtschaft **44** (11-12): 289-299.

JAGSCH A (2003): 1953-2003, 50 Jahre Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde in Scharfling am Mondsee. — Österreichs Fischerei **56** (10): 250-258.

JANAUER G. (2001): Fluss- und Au-Ökotone an Donau und March. — In: Donauforschung neu, 1976-2001: 25 Jahre österreichisches Nationalkomitee der internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft **12**: 23-52.

JUNGWIRTH M. (1986): Flussbau und Fischerei, Quantitative Untersuchungen über die Auswirkungen unterschiedlicher Flussregulierungen auf Fischbestände. — Wr. Mitteilungen **70**, 129 pp.

JUNGWIRTH M., MUHAR S. & S. SCHMUTZ (2002): Re-establishing and assessing ecological integrity in riverine landscapes. — Frehwater Biology **47**: 867-887.

JUNGWIRTH M., HAIDVOGL G., MOOG O., MUHAR S. & S. SCHMUTZ (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. — Fakultas UTB, 547 pp.

KANN E. (1978): Systematik und Ökologie der Algen österreichischer Fließgewässer. — Arch. Hydrobiol. Suppl. **53**: 405-643.

KURMAYER R., CHRISTIANSEN G., FASTNER J. & T. BÖRNER (2004): Abundance of active and inactive microcytin genotypes in populations of the toxic cyanobacterium Planktothrix spp. — Env. Microbiology **6**: 831-841.

LE CREN E.D. & R.H. LOWE-MCCONNELL (eds) (1980): The functioning of freshwater ecosystems. — International Biological Programme 22, Cambridge Univ. Press, 588 pp. (mit Beiträgen von Bretschko, Schiemer, Tilzer).

LIEPOLT R. (1962): 15 Jahre Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung. — Wasser und Abwasser **1962**: 3-46.

LIEPOLT R. (1967): Limnologie der Donau. — Schweizerbart, Stuttgart, 591 pp.

LINDEMAN R. (1942): The trophic-dynamic aspect of ecology. — Ecology **23**: 399-418.

LÖFFLER H. (ed.) (1979): Neusiedlersee. The limnology of a shallow lake in central Europe. — Monographiae Biologicae **37**, 559 pp.

LÖFFLER H. (1983): Aspects of the history and evolution of alpine lakes in Austria. — Hydrobiologia **100**: 143-152.

LÖFFLER H. & P. NEWRKLA (1985): Der Einfluss des diffusen und punktuellen Nährstoffeintrags auf die Eutrophierung von Seen. Teil 2. Neusiedlersee, Attersee. — Veröff. des Österr. MaB-Programms **8**, 121pp.

LORENZ J.R. v. LIBURNAU (1898): Der Hallstätter See. — Litt. d. k.k. geogr. Gesellsch. in Wien **41**, 103 pp.

MOOG O. & A. CHOVANEC (2000): Assessing the ecological integrity of aquatic environment: Walking the line between ecological, political and administrative interests. — Hydrobiologia **422/423**: 99-109.

NAIMAN R. J. & H. DECAMPS (1990): The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. „Man and Biosphere Series" Vol. **4**. — The Parthenon Publishing Group, 316 pp.

NAUMANN E. 1921: Einige Grundlagen der regionalen Limnologie. — Lunds Universitets Arsskrift N.F., Avd. **2**: 17.

NAUWERCK A. (1992): Limnologie als Seenkunde – gestern, heute und morgen. — In FRANZ H., Die ökologische Bedeutung des Wassers und sein Schutz. ÖAW, Humanökologie **4**: 55-88.

PECHLANER R. (1965): Die Finstertaler Seen. — Arch. Hydrobiol. **21**: 7-224.

PECHLANER R., BRETSCHKO G., GOLLMANN P., PFEIFER H., TILZER M. & H.P. WEISSENBACH (1973): Das Ökosystem Vorderer Finstertalersee. — In: ELLENBERG H. (ed.), Ökosystemforschung. Springer: 33-49.

PENCK A. & E. RICHTER (1895): Atlas der Österreichischen Alpenseen. — Edition Hölzel.

PESTA O. (1929): Der Hochgebirgssee der Alpen. — Die Binnengewässer **8**, 156pp.

PLESKOT G. (ed.) (1953): Beiträge zur Limnologie der Wienerwaldbäche. — Wetter und Leben, Sonderheft **II**, 216 pp.

PLESKOT G. (1959): Die Entwicklung der limnologischen Forschung in Österreich. — Österreichische Wasserwirtschaft **11**: 194-203.

PSENNER R. (1989): Chemistry of high mountain lakes in siliceous catchments of the Central Eastern Alps. — Aquatic Sciences **52**: 108-128.

PSENNER R., PECHLANER R. & E. ROTT (1984). Belastung und Belastbarkeit des Piburger Sees. — In: Veröff. d. Österr. MaB-Programms Bd. **8**: 7-74.

PSENNER R. & R. SCHMIDT (1992): Climate driven pH control of remote alpine lakes and effects of acid deposition. — Nature **356**: 781-783.

RECKENDORFER W., FUNK A., GSCHÖPF C., HEIN T. & F. SCHIEMER (2013): Aquatic ecosystem functions of an isolated floodplain and their implications for flood retention and management. — Journal of Applied Ecology **50**: 119-128.

RUTTNER F. (1914): Planktonuntersuchungen an den Lunzer Seen. — Int. Rev. Hydrobiol. **9**: 518-547.

RUTTNER F. (1925): Kohlensäureassimilation einiger Wasserpflanzen in verschiedenen Tiefen des Lunzer Untersees. — Int. Rev. Hydrobiol. **15**: 1-30.

RUTTNER F. (1931): Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. — Arch. Hydrobiol. Suppl. **8**: 197-454.

RUTTNER F. (1940): Grundriss der Limnologie. — Verlag Gruyter, 167 pp.

© Biologiezentrum Linz, Austria; download www.biologiezentrum.at

RUTTNER F. (1956): Fünfzig Jahre Biologische Station Lunz. — Verl. Biol. Stat. Lunz, 36 pp.

RUTTNER-KOLISKO A. (1972): Rotatoria. — in: Die Binnengewässer 26: Das Zooplankton der Binnengewässer **1**: 99-234.

SAMPL H., SCHULZ L., GUSINDE R-E. & H. TOMEK (1982, 1989). Seenreinhaltung in Österreich. — Schriftenreihe Wasserwirtschaft, 256 pp., 175 pp.

SAUBERER F. & F. RUTTNER (1941): Die Strahlungsverhältnisse der Binnengewässer. — Akad. Verlagsges. Leipzig, 240pp.

SCHIEMER F., BAUMGARTNER C. & K. TOCKNER (1999): Restoration of floodplain rivers: the Danube restoration project. — Regulated Rivers: Research & Management **15**: 231-244.

SCHIEMER F. & A. HERZIG (2008): Die system-analytische Betrachtung von Gewässern im Landschaftskontext: Eine Hommage auf Gernot Bretschko. — Schriften, Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse **142**: 119-131.

SCHIEMER F., SIMON D., AMARASINGHE U. & J. MOREAU (eds) (2008): Aquatic ecosystems and development: comparative Asian perspectives. — Backhuys and Margraf, 508 pp.

SCHIEMER F. & H. WAIDBACHER (1992): Strategies for conservation of a Danubian fish fauna. — In River conservation and Management ed. P.J. Boon, P. Calow & G.E. Petts, John Wiley: 363-381.

SCHMIDT R., ROTH M., TESSADRI R. & K. WECKSTROEM (2008): Disentangling late-Holocene climate and land use impacts on an Austrian lake using seasonal temperature anomalies, ice-cover, sedimentology and pollen tracers. — J. Palaeolimnol. **40**: 453-469.

SCHMIDT W. (1915): Über den Energiegehalt der Seen. — Int. Rev. Hydrobiol. Suppl. **6**: 1-25.

SCHULZ L., SCHULZ N. & H. SAMPL (1984): Verlauf und Ursachen der Eutrophierung in zwei Kärntner Seen (Wörthersee und MillstätterSee) mit unterschiedlichem Einzugsgebiet. — In: Veröff. des Österr. MaB-Programms) **8**: 75-170.

SIEBECK O. (1968): Uferflucht und optische Orientierung pelagischer Crustaceen. — Arch. Hydrobiol. Suppl. **35** (1): 1-118.

SIMONY F. (1850): Die Seen des Salzkammergutes. — Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. **4**: 542-566.

SOMMARUGA R. (2001): The role of solar UV radiation in the ecology of alpine lakes. — J. of Photochemistry and Photobiology **62**: 35-42.

SOMMER U. (1988): Phytoplankton succession in microcosm experiments under simultaneous grazing pressure and resource limitation. — Limnol. Oceanog. **33**: 1037-1054.

STEINBÖCK O. (1959): Limnologische Hochgebirgsforschung in Österreich. — Österreichische Wasserwirtschaft **11**: 167-170.

THIENEMANN A. (1918): Über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen. — Arch. Hydrobiol. **12**: 1-65.

TILMAN D. (1977): Resource competition between planktonic algae: an experimental and theoretical approach. — Ecology **62**: 802-825.

TILZER M. (1972): Dynamik und Produktivität von Phytoplankton und pelagischen Bakterien in einem Hochgebirgssee (Vorderer Finstertaler See, Österreich). — Arch. Hydrobiol., Suppl. **40**: 201-273.

TOCKNER K., PENNETZDORFER D., REINER N., SCHIEMER F. & J.V. WARD (1999): Hydrological connectivity and the exchange of organic matter and nutrients in a dynamic river-floodplain system (Danube, Austria). — Freshwater Biology **41**: 521-535.

TURNOWSKY F.(1946): Die Seen der Schobergruppe in den Hohen Tauern. — Carinthia II, Sonderheft.

VANNOTE R.L., MINSHALL G.W. CUMMINS K.W., SEDELL J.R. & C.E. CUSHING (1980): The river continuum concept. — Can. J. Fish. Aquat. Sci. **37**: 130.

VERDONSCHOT P.F.M. & O. MOOG (2006): Tools for assessing European streams with macroinvertebrates: major results and conclusions from the STAR project. — Hydrobiologia **566**: 299-309.

VOLLENWEIDER R.A. (1976): Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. — Mem. d. Ìst. Ital. d. Idrobiologia **33**: 53-83.

WANZENBÖCK J. & I. WINFIELD (ed.) (2013): Biology and management of Coregonid fishes. — in: Advances in Limnology. 316 pp.

WEIGELHOFER G. & J. WARINGER (2003): Vertical distribution of benthic macroinvertebrates in riffles versus deep runs with differing contents of fine sediments (Weidlingbach, Austria). — Int. Rev. Hydrobiol. **88**: 304–313.

WEISSE T. (2003): Pelagic microbes-protozoa and the microbial food web. — In: The lakes handbook. Limnology and limnetic ecology. ed: P.E. SULLIVAN & C.S. REYNOLDS, Blackwell: 417-460.

WESTLAKE D.F., KVET J. & A. SZCZEPANSKI (ed.) (1998): The production ecology of wetlands. — Cambridge Univ. Press, 568 pp. (mit einem Beitrag von G. Imhof).

WETZEL R.G. (1990): Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. — Verh. Int. Ver. Limnol. **24**: 6-24.

WIESER W., SCHIEMER F., GOLDSCHMIDT A. & K. KOTRSCHAL (ed.) (1992): Environmental Biology of European Cyprinids. — in: Developments of Environmental Biology of Fishes. Kluwer. 234 pp.

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Prof. Dr. Friedrich SCHIEMER
Department für Limnologie und Bio-Ozeanographie
Universität Wien
Althanstraße 14
A-1090 Wien, Austria
E-Mail: friedrich.schiemer@univie.ac.at